ZENIT 2

8e jaargang februari 1981
prijs ƒ 5,75/voor België 85 F

In dit nummer ondermeer

Catastrofen-theorie

Radiostelsels

Het raadsel Japetus

populair wetenschappelijk tijdschrift over sterrenkunde | weerkunde | ruimtevaart | ruimteonderzoek

Afscheid hoofdredacteur

George Beekman heeft te kennen gegeven het hoofdredacteurschap van Zenit dat hij gedurende vijf jaren heeft bekleed te willen beëindigen. Vanaf januari 1981 wordt het hoofdredacteurschap waargenomen door Govert Schilling. Deze redacteurenwisseling gaf ons de gelegenheid een ogenblik bij de functie van hoofdredacteur stil te staan.
Zenit bestaat nog niet zo lang dat er nodig aan vervanging van de redactieleden gedacht zou moeten worden. Toch heeft het tijdschrift al een aantal hoofdredacteuren gekend. Na de wedergeboorte van Macro en Hemel en Dampkring in Zenit op 1 januari 1974 aanvaardde Gerton van Wageningen het hoofdredacteurschap. Hemel en Dampkring kende geen hoofdredacteur. Dit tijdschrift had een driemanschap als dagelijkse redactie (een astronoom, een meteoroloog en een secretaris) bijgestaan door een uitgebreide redactiecommissie. Voor Zenit koos men de formule 'hoofdredacteur plus vier redacteuren' waaraan later nog twee adviseurs (een astronoom en een meteoroloog) werden toegevoegd. Gerton van Wageningen heeft de redactie gedurende één jaar geleid en moest er daarna wegens tijdgebrek van afzien. Tjomme de Vries, tot 1974 secretaris van de dagelijkse redactie van Hemel en Dampkring, zou de leiding van de Zenitredactie toen op zich nemen maar het is nooit zover gekomen door zijn plotselinge dood op 12 januari 1975.
De functie van hoofdredacteur is daarna tijdelijk bekleed door Tom de Groot, eerder astronoom in de dagelijkse redactie van Hemel en Dampkring. De Groot wilde zijn hoofdredacteurschap uitdrukkelijk zien als 'ad interim' zodat er naarstig werd gezocht naar geschikte en tijd hebbende (!) personen. Zo iemand werd gevonden in Mat Drummen. Mat kwam kort daarna in de functie van staffunctionaris bij het Bureau De Koepel. De twee functies waren voor het bestuur van de Stichting De Koepel niet verenigbaar zodat Zenit na enkele maanden opnieuw zonder hoofdredacteur zat.

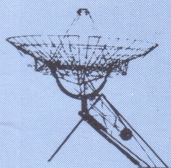
Het hoofdredacteurschap eist deskundigheid, besluitvaardigheid en vooral . . . veel tijd! Daartegenover staat slechts een minimale vergoeding. Weinigen zullen zich ertoe aangetrokken voelen naast hun beroep zo'n nevenfunctie te bekleden. Het bestuur van de Stichting De Koepel mocht zich dan ook gelukkig prijzen toen zij in 1976 George Beekman, redacteur bij de encyclopedische redactie van Het Spectrum, bereid vond deze functie te aanvaarden en het vijf jaren vol te houden. In die tijd kregen vorm en inhoud van het blad een min of meer definitieve vorm, het 'gezicht' van Zenit werd bepaald. Dit gezicht vond steeds meer waardering gezien ook het gestadig groeiend aantal abonnees. Dit was zeker niet in de laatste plaats te danken aan de inspanning van George Beekman. Hij werd niet moe bij het zoeken naar mogelijke auteurs, vertaalde en bewerkte buitenlandse artikelen en schreef er zelf ook heel wat. George is een aantal jaren één van de belangrijkste auteurs in Zenit geweest. Zijn artikelen bewogen zich vooral op het terrein van de geschiedenis van de sterrekunde, waarin hij een boeiende schrijftrant ontwikkelde. Ook op andere gebieden, onder andere op het gebied van het ruimte-onderzoek, leverde hij bijdragen. Dan is er nog de onafzienbare reeks van kleine stukjes, door de redactie oneerbiedig 'stoppers' genoemd omdat zij dienen voor het vullen van diverse 'witte gaten'. De 'stoppers' van George waren aktuele berichten uit buitenlandse wetenschappelijke tijdschriften als 'Nature' en 'Science'.


Tijdens een redactievergadering

Ondanks zijn enthousiasme is deze taak voor hem op den duur toch te tijdrovend geworden zodat opnieuw naar een hoofdredacteur voor Zenit moest worden uitgezien. Die is, na lang zoeken, gevonden in de amateur-astronoom Govert Schilling. George Beekman zal de redactie van Zenit echter niet verlaten. Hij blijft als gewoon redacteur de nieuwe hoofdredacteur ter zijde staan. En wat heel belangrijk is, zijn lust tot schrijven is niet verdwenen.

B. Zwart

ZENIT



Populair-wetenschappelijk maandblad over sterrenkunde, weerkunde, ruimtevaart, ruimte-onderzoek en aanverwante wetenschappen en technieken.
Verschijnt onder auspiciën van de Stichting De Koepel.
Aan het maandblad werken samen:
de Nederlandse Vereniging voor Weer- en Sterrenkunde
de Stichting Volkssterrenwacht Simon Stevin
de Vereniging voor Sterrenkunde, Meteorologie, Geophysica en Aanverwante Wetenschappen in België.

Bureau:
Stichting De Koepel, Nachtegaalstraat 82 bis, Utrecht, tel. 030-311360, postgiro 3064700 t.n.v. Stichting de Koepel, Utrecht.

Redactie:
G. Schilling, hoofdredacteur; G. W. E. Beekman; J. A. de Rijk; dr. W. de Rop; drs. B. Zwart. Adviseurs: drs. J. A. de Boer en dr. G. P. Können.

Druk:
Samsom-Sijthoff Grafische Bedrijven B.V.

Lay out: Freek Reijmerink.

Abonnementen:
Nederland en België:
*f*55,50 per jaar, ingaande 1 januari.
Halfjaarlijkse abonnementen, *f*29,50.
Abonnementen buitenland op aanvraag.
Abonnementen afgesloten in de loop van een jaar zijn geldig tot het einde van dat kalenderjaar. Opzegging van abonnementen uitsluitend schriftelijk vóór 15 november aan het bureau van De Koepel te Utrecht. Bij niet tijdige opzegging wordt het abonnement automatisch voortgezet.
Doordat de edities van juli en augustus worden gekombineerd verschijnen er jaarlijks elf nummers.

Losse nummers:
*f*5,75 of 85 Bfr.

Kopij:
In getypte vorm, met dubbele regelafstand; 60 aanslagen per regel; elk vel papier aan slechts één zijde gebruikt. Kopij Nederlandse auteurs zenden aan: Redactie Zenit, Nachtegaalstraat 82 bis, 3581 AN Utrecht.
Kopij Belgische auteurs zenden aan: Dr. W. de Rop, Ringlaan 3, 1180 Brussel.

Advertenties:
Intermedia bv postbus 371,
2400 AJ Alphen aan den Rijn
telefoon 01720-6 20 78

ISSN 0165-0211

INHOUD

Bijschrift voorplaat:

De spectaculaire komeet West 1975n gefotografeerd op 4 maart 1976 in het sterrenbeeld Pegasus. De komeet was toen zo'n 75 miljoen km van de Aarde verwijderd en had een staart van circa 60 miljoen km lengte.

De Aarde kruist soms de zeer ijle staart van een komeet (bijv. die van komeet Halley in 1910 – zie Zenit 1981, pag. 4), maar de kans op een botsing met een komeetkern is zeer klein. Hetzelfde geldt voor een botsing met een planetoïde. Heeft zo'n botsing zich in het verleden ooit voorgedaan? Zie pag. 48 (foto copyright Treugesell Verlag).

NIEUWE BELANGSTELLING VOOR DE CATASTROFEN-THEORIE

In het afgelopen jaar verschenen er in de vakpers (in het bijzonder in *Nature*) verscheidene artikelen over ingrijpende veranderingen die zich in de loop van de aardgeschiedenis hebben voorgedaan. De oorzaak van deze gebeurtenissen zou samenhangen met de aanwezigheid van stof en gruis in de atmosfeer of in een baan rond de aarde, waardoor het zonlicht geruime tijd zou zijn afgezwakt. De herkomst van dit materiaal wordt in verband gebracht met de botsing van een komeet of planetoïde tegen de aarde of de maan. Daarmee is een in feite zeer oude theorie, de catastrofentheorie, weer eens op de voorgrond getreden.

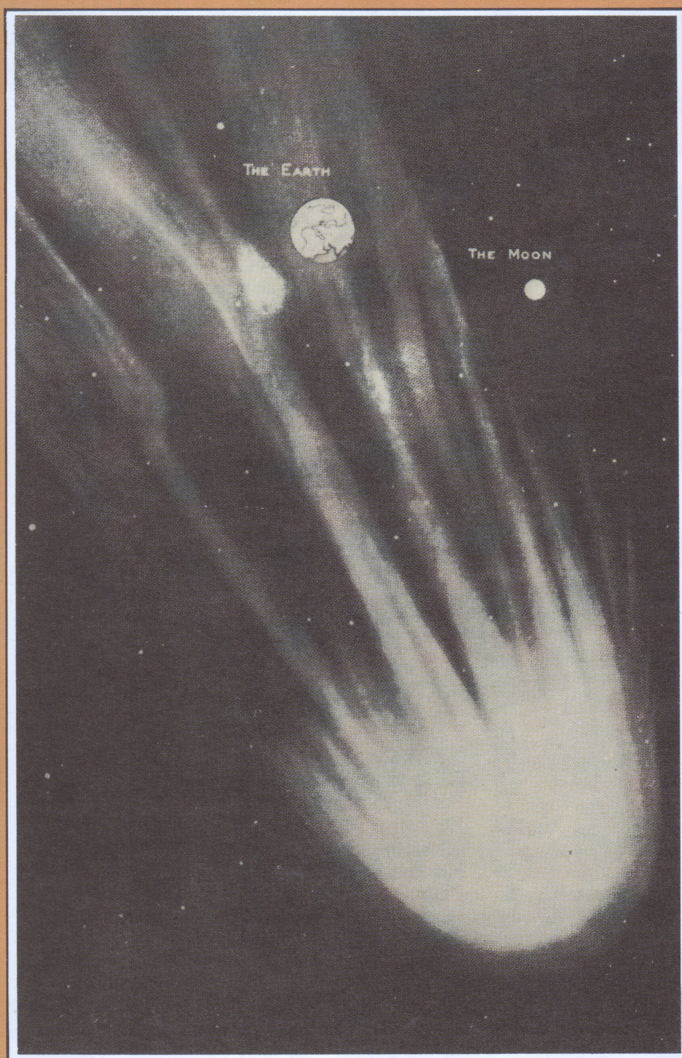


Fig. 1. De dichte nadering van de periodieke komeet Pons-Winnecke tot de aarde in juni 1921, zoals uitgebeeld door de Britse astronoom Scriven Bolton in 'Illustrated London News' (1921). De mogelijke botsing van een komeet met de aarde heeft de gemoederen al eeuwenlang beziggehouden.

Een van de grote raadsels in de geschiedenis van de aarde is het uitsterven van vele groepen organismen zo'n 65 miljoen jaar geleden, tijdens de overgang van het Krijt-tijdperk naar het Tertiair. Dit betrof o.a. de in zee levenden reptielen, de vliegende reptielen, de dinosauriërs en vrijwel alle planktondiertjes met kalkskelet: organismen die in de loop der tijden in rustige diepe wateren kalkafzettingen hebben gevormd. Vele theorieën zijn naar voren

G. W. E. Beekman en B. Zwart

gebracht om dit massale uitsterven te kunnen verklaren, maar tot nu toe heeft geen ervan dit op bevredigende wijze kunnen doen. In de afgelopen jaren heeft men ook gezocht naar catastrofale gebeurtenissen, die kort maar hevig zouden hebben toegeslagen en wel omdat in verschillende delen van de wereld alle fossiele skeletten van bepaalde planktonsoorten *abrupt* blijken te zijn verdwenen. Sommige van deze catastrofentheorieën hebben betrekking op een buitenaardse oorzaak, zoals de inslag van een komeet of planetoïde (zie ook het kaderstukje).

De belangstelling voor deze theorieën werd enkele jaren geleden opnieuw opgewekt na de ontdekking van hoge concentraties van het element iridium in een dunne laag klei nabij de stad Gubbio in Italië; deze laag zou zijn afgezet tijdens de overgang van het Krijt naar het Tertiair, 65 miljoen jaar geleden. Iridium komt, evenals de andere metalen in de platinagroep in het periodiek systeem der elementen, in zeer geringe hoeveelheden in de aardkorst voor. Uit onderzoek aan meteorieten is echter gebleken dat de concentratie in deze door het zonnestelsel rondvliegende brokstukken wel duizend maal hoger kan zijn. Men vermoedt dat de concentratie van deze elementen in de aardkern veel groter is dan die in de aardkorst, doordat zij in het oerstadium van de aarde naar beneden zijn gezakt. De hoeveelheid die in de aardkorst wordt gevonden zou grotendeels afkomstig zijn van meteorietenstof dat ontstaat tijdens de snelle beweging van meteorieten door de aardatmosfeer. Een ongewoon hoge concentratie iridium in een bepaalde aardlaag zou er dus op wijzen dat er méér buitenaards materiaal op aarde viel toen deze laag werd gevormd.

Buitenaards iridium

De ontdekking van de hoge iridium-concentratie werd gedaan door Luis en Walter Alvarez en hun collegae van de universiteit van

Fig. 2. De Gubbio-vallei in midden Italië. Hier werd enkele jaren geleden in een kleilaagje een hoge concentratie van het element iridium gevonden: een metaal dat in zeer geringe hoeveelheden in de aardkorst voorkomt (foto Universiteit van Californië).



Fig. 3. De 1 cm dikke kleilaag tussen de afzettingen van het Krijt-tijdperk (onder) en het Tertiair (boven), 65 miljoen jaar geleden (foto Universiteit van Californië).



Fig. 4. Doorsnede door de kleilaag van fig. 3. De allerbovenste laag is luciet: een materiaal dat gebruikt wordt om het bodemmonster stevigheid te geven. De witte laag is het Tertiaire kalksteen. Daaronder ziet men de 1 cm dikke kleilaag en daar weer onder het rode kalksteen uit het Krijt-tijdperk. In het kleilaagje blijkt de iridium-concentratie een factor 30 hoger te zijn dan normaal (foto Universiteit van Californië).

Californië te Berkeley. Hun vondst in Italië heeft andere onderzoekers aangemoedigd om naar overeenkomstige aanwijzingen te gaan zoeken op plaatsen elders op aarde. Zo hebben J. Smit (Geologisch Instituut van Amsterdam) en J. Hertogen (Instituut voor fysisch-chemische geologie te Leuven) onderzoek gedaan aan een sedimentlaag te Caravaca in Zuidoost-Spanje. Dit heeft aan het licht gebracht dat ook hier het verdwijnen van het fossiele planton zeer abrupt gebeurde (in minder dan 200 jaar) en dat dit gekoppeld is aan een sterke toeneming van bepaalde elementen, in het bijzonder iridium en osmium. De zeldzaamheid van deze elementen, gecombineerd met het plotselinge karakter van het uitsterven, maakt het volgens de onderzoekers aannemelijk dat er hier een buitenaardse oorzaak in het spel was, zoals de inslag van een planetoïde of een komeet. Wanneer zo'n object tijdens de inslag op aarde verdampt, of tijdens zijn tocht door de dampkring uit elkaar wordt gerukt, zou er in korte tijd over een groot gebied een overdosis iridium en osmium worden verspreid, dat dan vanuit de dampkring op het aardoppervlak zou zijn neergedaald. Uitgaande van de gemeten iridiumconcentratie in de kleilaag en de geschatte concentratie in meteorieten komen de twee onderzoekers op een planetoïde of komeet ter grootte van 5 tot 15 km. De frequentie van botsingen met zulke objecten zou ongeveer 1 per 100 miljoen jaar zijn, zodat de mogelijkheid dat dit 65 miljoen jaar geleden is gebeurd redelijkerwijs aanwezig is.

Kenneth J. Hsü van het Geologisch Instituut te Zürich heeft een soortgelijke interpretatie van de bodemvondsten te Gubbio en Caravaca. Volgens hem zou de botsing van een komeet met de aarde verantwoordelijk kunnen zijn voor het plotselinge uitsterven van de verschillende diersoorten. Hij suggereert dat de komeet in de oceaan viel en dat het uitsterven van het plankton een gevolg was van de vergiftiging van het water door het cyanide dat uit de komeet zou zijn vrijgekomen en door de rampzalige verstoring van het kalkevenwicht in het water. De grote landdieren zouden zijn uitgestorven als gevolg van de temperatuurstijging van de atmosfeer tijdens de botsing. Zijn berekeningen resulteren in een komeetkern ter grootte van ongeveer 30 km.
Alvarez en collegae hebben later ook op andere plaatsen op aarde bodemonderzoek gedaan. Hun analyses van kalkafzettingen in Nieuw-Zeeland, Italië en Denemarken tonen toenames van de iridiumconcentratie van resp. 20, 30 en 160 maal t.o.v. de gemiddelde waarde op precies de overgang van het Krijt-tijdperk naar het Tertiair. De meest aannemelijke verklaring hiervoor is volgens de onderzoekers de botsing van de aarde met een planetoïde uit de Apollo-groep (dat zijn planetoïden die binnen de baan van de aarde kunnen komen). De inslag van zo'n object, naar schatting 10 km in diameter, zou ongeveer 60 maal zijn eigen gewicht aan verpulverde aardkorst de dampkring in slingeren. Een deel hiervan zou jarenlang in de dampkring blijven hangen en zich over de gehele aarde verspreiden. De hieruit voortvloeiende verzwakking van het zonlicht zou de fotosynthese in planten doen verminderen, hun groei afremmen en een verstoring in de voedselkringloop veroorzaken. Deze zou dan het einde van bepaalde organismen hebben betekend. Na enkele jaren zou het stof weer op aarde zijn neergedaald en daar het iridiumrijke afzettingslaagje hebben gevormd dat de onderzoekers nu zo ijverig aan het onderzoeken zijn.

Had de aarde een ring?

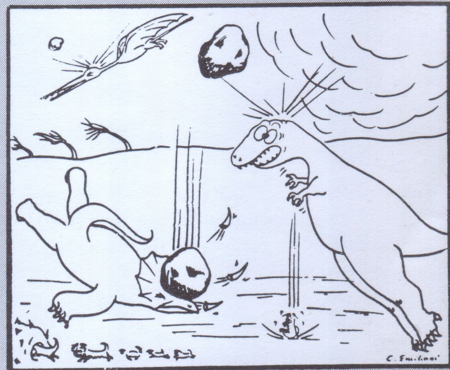
Betrof het in de voorgaande theorieën de val van een komeet of planetoïde op *aarde*, volgens de Amerikaanse astronoom John O'Keefe zou ook zo'n inslag op de *maan* ingrijpende gevolgen kunnen hebben. De door hem ontwikkelde theorie heeft niet

Tijdperk Dinosauriërs door reuzenmeteoriet beëindigd?

Het plotseling uitsterven van de zeer grote reptielen (Dinosauriërs) aan het einde van het Krijttijdperk heeft de geologen al geruime tijd bezig gehouden, maar bleef evenzo lang een mysterie. De reptielen waren in het Mesozoïcum geëvolueerd tot een fantastische reeks van vormen en grootten; zij hadden zich aangepast aan alle elementen, zij waren de heersers te land, ter zee en in de lucht. De grote reptielen waren verreweg de superieure diersoorten tijdens het Mesozoïcum en zij verdwenen abrupt, nabij de top van hun succesvolle ontwikkeling. Het oplossen van dit raadsel heeft de wetenschap meer dan een eeuw beziggehouden en het resultaat was een hele reeks van meer of minder aannemelijke theorieën. De allernieuwste opvatting voor dit plotselinge uitsterven gaat uit van een catastrofe veroorzaakt door de inslag van een reusachtige meteoriet, waarschijnlijk een planetoïde uit de Apollo-groep. Aanwijzingen hiervoor meent men te kunnen vinden in een laag kalksteen op de grens van het Krijt en het Tertiair, die buitensporig rijk is aan iridium, een element dat in de overige aardlagen maar zelden voorkomt. Deze afzetting is op een aantal plaatsen op aarde gevonden.

Een temperatuurdaling?

In 1962 gaven Luterbacker en Premoli-Silva in 'Revista Italiana di Paleontologica' een gedetailleerde beschrijving van een laag in diepe zee afgezette kalksteen op de grens van het Krijt en het Tertiair in midden-Italië. Deze grenslaag was een zeer dunne tussenvoeging van een mergelachtige structuur waarvan de dikte nergens groter was dan één centimeter. De lagen kalksteen direct hieronder bevatten een overvloed aan grote in diepe tropische wateren levende foraminiferen (eencellige diertjes met een kalkskelet), terwijl de dunne grenslaag zelf slechts enkele schaarse, op de bodem levende foraminiferen bevatte. De kalksteen, die onmiddellijk boven de dunne grenslaag was afgezet, bevatte kleine in diepe koude wateren levende foraminiferen. Volgens Luterbacker en Premoli-Silva was de dunne mergelachtige laag aan de onderkant groenachtig en donkerrood aan de bovenzijde. Deze 'breuk' in eencellige diersoorten mag misschien op een leek minder indruk maken dan het plotseling uitsterven van de grote reptielen, zij is paleontologisch gezien niet minder indrukwekkend. Nu ligt het voor de hand aan te nemen dat een scherpe *daling* van de temperatuur een einde maakte aan de in tropische wateren levende foraminiferen, maar met zo'n snelle gevolgtrekking moeten we erg voorzichtig zijn!
Aan bovengenoemde tijdperkgrens stierven ook de grote reptielen uit. Reptielen kunnen, hoewel hun optimale temperatuur in de buurt van 34 à 35°C ligt, slecht tegen nog hogere temperaturen. De Amerikaanse alligator sterft als zijn lichaamstemperatuur 38 °C bereikt, maar hij is daarentegen heel goed in staat temperaturen dichtbij het vriespunt te overleven. In het algemeen is het leven in de tropen en de subtropen het beste aangepast aan een temperatuurniveau dat dichtbij het dodelijke maximum ligt. Wat de grote reptielen betreft, zij zullen juist door hun grote massa en relatief kleine huidoppervlakte eerder in staat zijn geweest lage temperaturen te overleven dan het hoofd te bieden aan (zeer) hoge temperatu-



ren. In het laatste geval kunnen zij hun eigen lichaamswarmte niet meer kwijt. De in diepe koude wateren levende foraminiferen konden een warmtepiek overleven doordat ze op hogere breedten of in dieper water leefden. Zij zullen de in diepe tropische oceanen levende foraminiferen hebben vervangen doordat er plotseling een belangrijk levensgebied voor hen vrijkwam.
Wat de plantenwereld betreft, 70% van de geslachten overleefde de grens tussen het Krijt en het Tertiair. Dit is vrij veel, maar planten zijn veel beter aangepast aan slechte weersomstandigheden door de vorming van

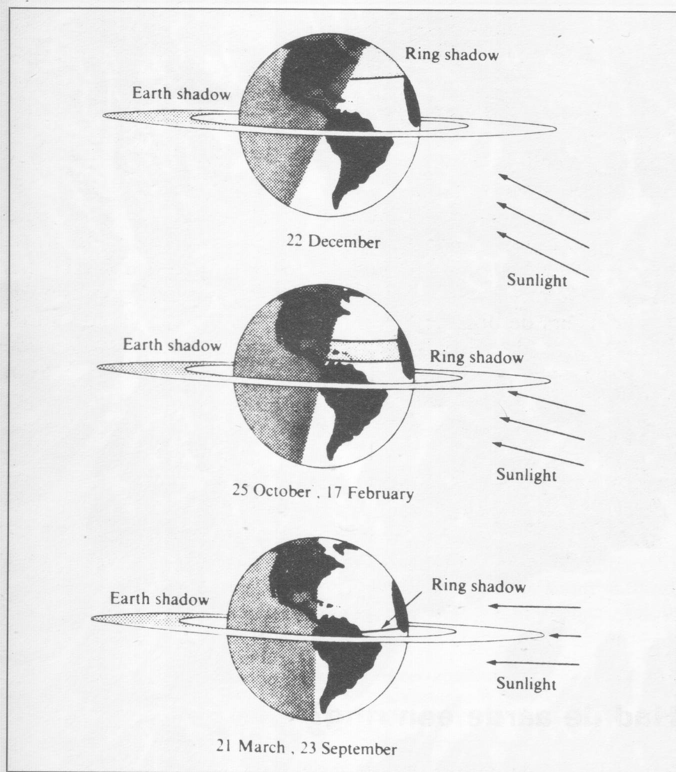


Fig. 5. Schematische weergave van de ring die de aarde 34 miljoen jaar geleden gehad zou hebben. De data komen overeen met declinaties van de zon van resp. 0°, 12° en 23°,5 (naar Nature, vol. 285, p. 310, 1980).

betrekking op de mogelijke catastrofe die 65 miljoen jaar geleden plaatsvond, maar op een die 34 miljoen jaar geleden gebeurd zou zijn en wel tijdens de overgang van het Kwartair naar het Tertiair. Er vond toen een ingrijpende klimaatsverandering plaats, waarbij de wintertemperaturen ongeveer 20° lager werden dan normaal, terwijl er vrijwel geen verandering in de zomertemperaturen optrad. Oceaanbodemmonsters wijzen erop dat in die tijd meer dan de helft van de orde der Radiolaria (dierlijk plankton) vrij plotseling verdween. O'Keefe suggereert nu dat de aarde in die tijd een ring had, bestaande uit materiaal dat afkomstig was van de maan. Hij komt op deze gedachte door het feit dat genoemde 34 miljoen jaar precies de ouderdom is van een bepaald soort tektieten (de 'bediasieten') die in Noord-Amerika worden gevonden. Tektieken zijn kleine, glasachtige stukjes steen die in verschillende gebieden op aarde voorkomen en die een gebiedafhankelijke ouderdom hebben. Van de bediasieten is zeer onlangs aangetoond dat ze niet alleen in Noord-Amerika voorkomen, maar in een gebied dat zich minstens halverwege rond de aarde uitstrekt: van de Caribische Zee tot in de Stille Oceaan. Daarmee is het bediasietengebied het grootste verspreidingsgebied op aarde; de totale massa van de tektieten wordt geschat op 1 à 10 miljard ton.

O'Keefe behoort tot het kleine aantal onderzoekers dat veronderstelt dat tektieten afkomstig zijn van de maan en dat zij bestaan uit maangesteente dat door de inslag van een planetoïde of door een vulkaanuitbarsting de ruimte in werd geslingerd (de meeste geologen zijn van mening dat zij ontstaan zijn door inslagen op de aarde: zie Zenit 1978, p. 152). Zo'n inslag zou dan 34 miljoen jaar geleden op de maan hebben plaatsgevonden. Een deel van de hierbij gevormde tektieten zou op aarde zijn gevallen, maar het grootste deel zou in banen om de aarde zijn gekomen, waaruit dan een dunne ring zou zijn ontstaan die tijdens de wintermaanden het

zaden. De slechtweerperiode moet echter niet langer duren dan 5 tot 10 jaren. Emiliani (zie lit. 1) concludeerde uit de waarneming dat bepaalde plantengeslachten de magische grens wel en andere deze grens juist niet overleefden, dat een plotselinge hittegolf de temperatuur van het land en van het oppervlaktewater van de oceanen voor een tijdvak van enkele jaren met 5 tot 10 °C was gestegen. Deze nauwe grenzen van grootte en duur sluiten een aardse oorzaak uit. De oorzaak zou dus buitenaards gezocht moeten worden.

De zon werd verduisterd

In 1979 publiceerden Walter en Alvarez (lit. 2 en 3) een tweetal artikelen, die het sluitstuk aandroegen voor Emiliani's hypothese. Zij steunden de theorie dat er een *buitenaardse* oorzaak geweest zou zijn voor het plotseling verdwijnen van de Dinosauriërs op de grens van het Krijt en het Tertiair. Zij vonden namelijk een uitzonderlijk hoog iridiumgehalte in het laagje dat door Luterbacker en Premoli-Silva was beschreven. Iridium, een zeldzame aarde, komt in aardse afzettingen niet in hoge concentraties voor. Sommige meteorieten bevatten er wel veel van; het iridium moest dus wel van buitenaardse oorsprong zijn. Gezien de uitgebreidheid van de afzetting – het door Luterbacker en Premoli-Silva beschreven laagje werd ook op andere plaatsen in Europa gevonden – lag de hypothese voor de hand dat het iridium afkomstig zou zijn van een reuzemeteoriet, waarmee de aarde toendertijd in botsing zou zijn gekomen. Om de uitgebreidheid van de iridiumafzetting te verklaren zou een object met een diameter van zeker 10 km nodig geweest zijn, dat een krater zou hebben geslagen van 175 km in diameter. Hierbij zou een enorme stofwolk tot in de stratosfeer zijn opgestegen. Deze stofwolk verduisterde de zon en verhinderde het fotosyntheseproces, waardoor een aantal plantensoorten verdwenen.

Een hemellichaam van bovengenoemde grootte brengt in enkele seconden een hoeveelheid energie in de atmosfeer van 4×10^{23} joule, wat voldoende is om de bovenste 50 m dikke waterlaag van de oceanen 5 tot 10°C warmer te maken. Een dergelijke temperatuurstijging is funest voor vele levensvormen in de tropen, maar vrij onbelangrijk voor de levensvormen op hogere breedten waar de gemiddelde temperatuur veel lager ligt en waar van nature veel grotere schommelingen voorkomen. De meeste soorten verdwenen bij de reptielen en bij de kustfauna. Zoogdieren werden nauwelijks getroffen, daar zij veel hogere temperaturen verdragen (afkoeling door zweten). De snelle oxidatie van het dode organische materiaal deed het CO_2-gehalte van de atmosfeer sterk toenomen, waarschijnlijk met 50%, waardoor een versterkt 'broeikaseffect' ontstond dat bij de reeds veroorzaakte temperatuurstijging kon worden opgeteld.

Beter te koud dan te warm

Recente analyse op zuurstof-isotopen in afzettingen van in ondiep water levende levensvormen (d.m.v. boorkernen uit de zuidelijke Atlantische Oceaan) hebben een temperatuurstijging aangetoond van 8 °C op de grens van het Krijt en het Tertiair. Een dergelijke analyse van dieper levende en op de bodem levende foraminiferen van boorkernen afkomstig uit de noordelijke Atlantische Oceaan lieten een temperatuurstijging van slechts 2 °C zien. Er was dus een temperatuursprong aan het einde van het Mesozoïcum, maar hij duurde slechts heel kort en was *opwaarts* gericht. Niettemin zou hij voldoende groot geweest zijn om de Dinosauriërs en met hen plantengeslachten van de aardbodem weg te vagen.

Gedurende de ijstijden daalde de wereldtemperatuur belangrijk, maar toch overleefde het grootste deel van de fauna de ijstijden heel goed, zowel op lage als op hogere breedten. De dodelijke *benedengrens* van de temperatuur ligt bij veel diersoorten dan ook veel verder van het temperatuur-optimum verwijderd dan de dodelijke *bovengrens*.

Literatuur

(1) Cesare Emiliani, *Death and renovation at the end of the Mesozoic*, EOS Transactions 61 (1980), Nr. 26, pag. 505-506.
(2) W. Alvarez, e.a., *Experimental evidence in support of an extraterrestrial trigger for the Cretaceous-Tertiairy extinctions* (abstract), EOS Transactions AGU 60 (1979), pag. 734.
(3) W. Alvarez, e.a., *Anomalous iridium levels at the Cretaceous-Tertiairy boundary at Gubbio, Italy: Negative results of tests for a supernova origin,* Geol. Soc. Am. Abstr. Program 508 (1979), pag. 378.



Fig. 6. De Manicouagan-krater in Canada: de stille getuige van de inslag van vermoedelijk een kleine planetoïde, ruim 200 miljoen jaar geleden. De ringvormige structuur is nu gevuld met water dat, op het moment van deze satelliet-opname, bevroren was en bedekt met ijs.

zonlicht op het noordelijk halfrond zou hebben afgeschermd. Uitgaande van een massa van 25 miljoen ton aan tektieten en een breedte van de ring tussen 1,5 en 2,5 maal de straal van de aarde (d.w.z. goed buiten de dampkring, maar nog net binnen de Roche-limiet), kan O'Keefe de temperatuurdaling van 20° inderdaad verklaren. Maar of dat ook werkelijk zo heeft plaatsgevonden?

Tektieten en geologische perioden

De theorie dat de opeenvolging van geologische tijdperken iets te maken zou hebben met botsingen met objecten uit de ruimte is niet nieuw, maar werd al in de jaren vijftig naar voren gebracht door bijvoorbeeld de Amerikaanse chemicus Harold Urey. Hij suggereerde dat tektieten ontstaan zouden zijn tijdens de botsing van een komeet met de aarde (de verschijning van de komeet Arend-Roland in 1957 had hem er toe aangezet om eens over dit soort ontmoetingen na te denken!), en dat zulke botsingen wel eens het einde van geologische tijdperken hadden kunnen betekenen. Volgens zijn berekeningen zou, uitgaande van een gemiddelde snelheid, diameter en dichtheid van zo'n komeetkern, de kinetische energie die tijdens zo'n botsing vrijkwam gelijk zijn aan ongeveer 10^{21} joule, ofwel aan die van 500 000 waterstofbommen. In een artikel in 1973 werkte hij dit energievraagstuk wat verder uit. Tijdens een botsing met een komeet ter grootte van die van Halley zou volgens hem een hoeveelheid energie vrijkomen die bijna gelijk was aan een derde van de energie die de aarde jaarlijks van de zon ontvangt. Met deze hoeveelheid zou de gehele aardatmosfeer 190° kunnen worden verwarmd, of de bovenste 100 meter oceaanwater met 5°, of zou 3×10^{13} ton aardgesteente in een cirkelbaan om de aarde kunnen worden geslingerd. Natuurlijk zou niet alle energie in één zo'n effect gaan zitten, maar zou er een combinatie van effecten optreden. Maar ook dan nog zou zo'n botsing catastrofale gevolgen hebben en wellicht een ingrijpende klimaatsverandering veroorzaken. Volgens Urey zou het heel goed mogelijk zijn dat aldus het uitsterven van de dinosauriërs werd veroorzaakt en het begin van het Tertiair werd ingeluid.
Aanwijzingen voor zo'n catastrofale botsing aan het begin van het Tertiair had Urey niet, maar wel kon hij wijzen op de opvallende overeenkomst tussen de ouderdom van vier soorten tektieten (waaronder de bediasieten) en die van geologische perioden *binnen* het Tertiair. Op deze overeenkomst wordt ook ingegaan door de Britse astronomen W. M. Napier en S. V. M. Clube in hun artikel over catastrofen op aarde (1979). Zij vergelijken de ouderdom van geologische perioden in de afgelopen 405 miljoen jaar met die van verschillende soorten tektieten, maar ook met die van alle bekende meteorietkraters groter dan 50 km. Aangezien hun materiaal nog tamelijk onvolledig zal zijn is het verrassend dat er toch al verscheidene overeenkomsten zijn aan te wijzen; deze blijken vager te worden naarmate men verder in de tijd terug gaat (zie tabel). Hun theorie van aardse catastrofen als gevolg van buitenaardse oorzaken staat overigens niet op zichzelf, maar maakt deel uit van een groter raamwerk waarin de beweging van het zonnestelsel door de spiraalarmen van het melkwegstelsel centraal staat. Volgens hen bevinden zich in deze spiraalarmen materiesamenklonteringen (planetesimalen), die tijdens zo'n ontmoeting met de zon worden ingevangen. Onder andere de huidige kometen zouden daar dan de getuigenissen van zijn. En de bovengenoemde ingrijpende gebeurtenissen in de aardgeschiedenis zouden op hun beurt een indirect gevolg zijn van dit invang-mechanisme.

Een oude theorie

Kijken we nog één keer terug in de tijd, dan blijkt dat ook zulke catastrofentheorieën niets nieuws onder de zon zijn. Aan het einde van de 18e eeuw, toen de geologie een min of meer wetenschappelijke basis begon te krijgen, begon men zich te realiseren dat de aarde op allerlei plaatsen op grote schaal was gebarsten en opgestuwd. Deze feiten kon men niet verklaren met behulp van de krachten die men in de natuur bezig zag: deze leken hiervoor te zwak en zouden niet genoeg tijd hebben gehad voor zulke ingrijpende veranderingen (men schatte de aarde toen veel jonger dan zij later bleek te zijn). Ook ontdekte men dat bepaalde gesteenten steeds in dezelfde volgorde boven elkaar voorkomen en uit fossielen van planten en dieren leidde men af dat de verschillende perioden in de aardgeschiedenis verschillende levensvormen hadden gekend. Men veronderstelde op grond van dit alles dat de aarde in de loop van haar ontwikkeling verscheidene natuurrampen had ondergaan, zo in de trant van de Bijbelse zondvloed. Deze hadden de aardkorst ingrijpend gewijzigd, het leven vernietigd, waarna er weer geheel nieuwe levensvormen zouden zijn ontstaan. Overigens werd door sommigen ook het ontstaan van de maan en het feit dat Afrika en Zuid-Amerika uit elkaar leken te zijn getrokken (ze passen zo mooi in elkaar) aan catastrofale gebeurtenissen toegeschreven.
In de 20e eeuw heeft deze theorie echter plaats moeten maken voor die van het 'actualiteitsprincipe', waarin de gedaanteveranderingen die de aarde heeft ondergaan verklaard kunnen worden m.b.v. krachten die ook nu nog werkzaam zijn. Het inzicht van de veel hogere leeftijd van de aarde, van de evolutie van verschillende levensvormen en van het mechanisme van de continentenverschuiving, hebben daartoe in belangrijke mate bijgedragen. Ook deze theorie is echter niet zaligmakend. Sommige processen zijn namelijk nauwelijks op te merken, doordat ze zo langzaam verlopen of zich diep onder het aardoppervlak afspelen. En sommige processen aan het aardoppervlak komen zo zelden voor, dat het veel moeite kost om hun werking te leren kennen en ze 'actualistisch' te noemen. Hiertoe rekent men bijvoorbeeld verwoestende aardbevingen, vulkaanuitbarstingen en overstromingen. Maar ook zou men kunnen denken aan de inslag van een komeet of planetoïde. En zo kan men dan de oude catastrofentheorie in een wat andere gedaante via de achterdeur weer binnen laten!

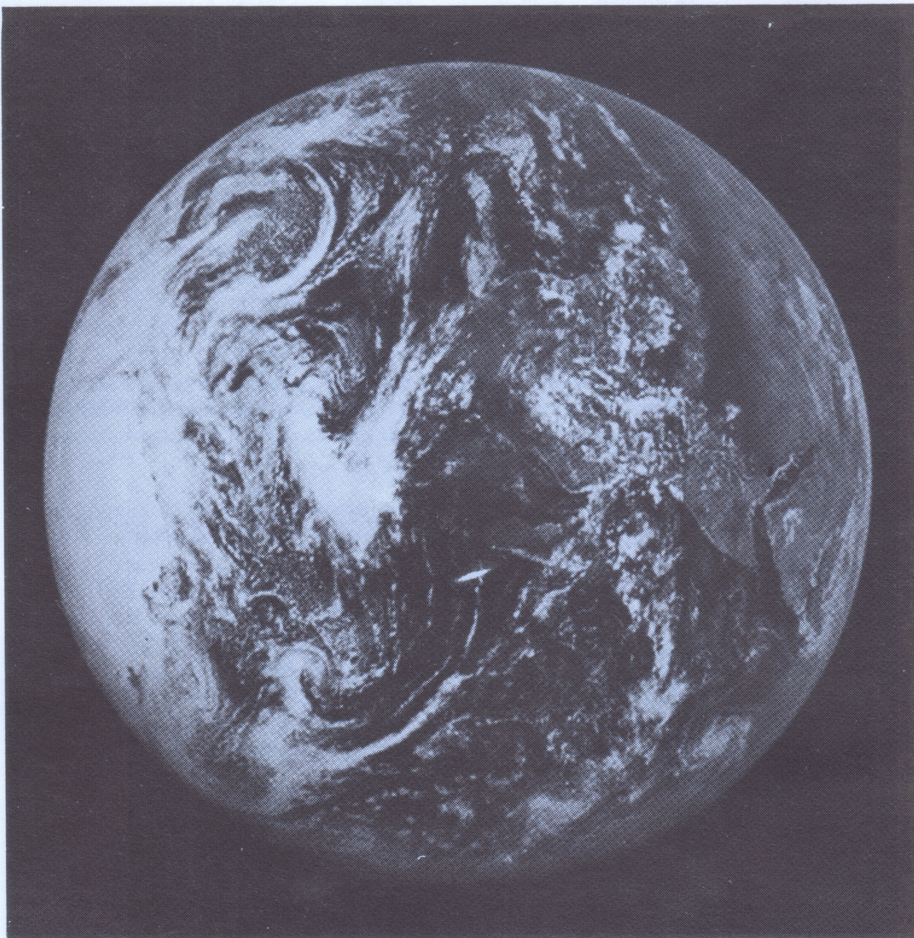
Tijdperk	ouderdom	ouderdom	tektieten/krater
Pleistoceen	1	0,77	Australieten
		0,88	Ivoorkust
Plioceen	13	14,7	Moldavieten
Mioceen	25	28,6	Libisch Glas
Oligoceen	36	34,7	Bediasieten
		38	Popigai, USSR (100 km)
Ecoceen	58	57	Kara, USSR (50 km)
Paleoceen	63	?	?
Krijt	135	?	?
Juras	181	183	Puchezh-Katunki, USSR (88 km)
Trias	230	210	Manicougan, Canada (70 km)
Perm	280	?	?
Carboon	345	365	Siljan, Zweden (52 km)
Devoon	405	?	?

De ouderdom van geologische perioden wordt hier vergeleken met die van tektieten en die van inslagkraters met een diameter van meer dan 50 km. De ouderdom is steeds gegeven in miljoen jaren (naar Napier en Clube, 1979).

Literatuur

Luis W. Alvarez, Walter Alvarez, Frank Asaro and Helen V. Michel, *Extraterrestrial Cause for the Cretaceous-Tertiairy Extinction*, Science, vol 208, p. 1095 (6 juni 1980)
John A. O'Keefe, *The terminal Eocene event: formation of a ring system around the Earth?*, Nature, vol 285, p. 309 (29 mei 1980)
J. Smit and J. Hertogen, *An extraterrestrial event at the Cretaceous-Tertiairy boundary*, Nature, vol 285, p. 198 (22 mei 1980)
Kenneth J. Hsü, *Terrestrial catastrophe caused by cometary impact at the end of the Cretaceous*, Nature, vol 285, p. 201 (22 mei 1980)
Peter H. Schultz and Leonard J. Srnka, *Cometary collisions on the Moon and Mercury*, Nature, vol 284, p. 22 (6 maart 1980)
W. M. Napier and S. V. M. Clube, *A theory of terrestrial catastrophism*, Nature, vol 282, p. 455 (29 november 1979)
Harold C. Urey, *Cometary Collisions and Geological Periods*, Nature, vol 242, p. 32 (2 maart 1973)
Harold C. Urey, *Origin of Tektites*, Nature, vol 179, p. 556 (16 maart 1957)

De 'broeikaswerking' van de dampkring van planeten



Zonder de 'broeikaswerking' van de dampkring zou de gemiddelde temperatuur op aarde niet +15 graden Celsius zijn, maar −20 graden Celsius. Zonder 'broeikaswerking' ook zou op Mars nooit water kunnen hebben stromen; er zouden daar dan nooit geulen hebben kunnen ontstaan. Zonder 'broeikaswerking' tenslotte zou de oppervlaktetemperatuur van Venus, die nu bijna 500 graden Celsius is, tot onder het vriespunt dalen.

W. van Tend

De sterkte van de zonnestraling die een broeikas binnenkomt verschilt niet van de sterkte erbuiten. Toch ligt de temperatuur in de broeikas aanzienlijk hoger dan erbuiten. Het warmteverlies is voor de kas anders dan voor de omgeving: Luchtbewegingen die warmte uit de kas mee naar buiten nemen zijn onmogelijk. Maar als men over broeikaswerking spreekt bedoelt men dat de dampkring het verlies van stralingswarmte tegengaat. Vroeger werd aangenomen dat het glas van een broeikas dezelfde werking had (Voor het verschil in warmtesparing tussen een broeikas en de aardse atmosfeer zie men het artikel van B. Zwart: Broeikaseffect of atmosfeereffect? in *Zenit* 7 (1980) no. 9, pag. 339).
De ondoorzichtigheid van de dampkring voor de door het aardoppervlak uitgezonden langgolvige warmtestraling zorgt hier voor de 'broeikaswerking'. Zonnestraling valt van bovenaf binnen, gaat grotendeels ongehinderd door de dampkring heen en bereikt het oppervlak. Dit straalt zijn opgenomen energie als warmtestraling uit. Deze warmtestraling kan echter niet rechtstreeks door de dampkring ontsnappen. Zij wordt door de dampkring geabsorbeerd. Dit leidt tot een temperatuurverhoging (van de onderste lagen) van de dampkring.

Energietoevoer van de zon

De inkomende energiestroom voor een planeet is voornamelijk het zichtbare licht van de zon. Echter niet alle zonnestraling die de planeet treft, komt aan de planeet ten goede. Een deel wordt rechtstreeks teruggekaatst de ruimte in. Het percentage teruggekaatste straling noemt men de *albedo* of witheid van de planeet. Bij Venus wordt wel 77 procent van het invallende zonlicht weer rechtstreeks in de ruimte teruggekaatst. Dit is een gevolg van het witte wolkendek dat die planeet omhult. De grote albedo maakt

Fig. 1. Zonder de 'broeikaswerking' van onze dampkring zou de gemiddelde temperatuur op aarde niet 15 graden boven nul zijn, maar 20 graden onder het vriespunt. De aarde zou een barre, dode wereld zijn.

Venus voor de aardse waarnemer tot de helderste planeet aan de hemel. De wolken van Venus kaatsen niet alleen veel zonnestraling terug, ze nemen bovendien een groot deel van de energie van de overblijvende straling op. Een deel van die energie staan ze weer af aan de buitenwereld; een ander deel gaat toch nog naar het Venusoppervlak. Uiteindelijk krijgt dat oppervlak maar vier procent van het zonlicht dat Venus opvangt.
Ook bij de aarde leveren wolken een belangrijke bijdrage tot de albedo. Het door aardse wolken teruggekaatste zonlicht kan delen van de maan die niet door de zon worden beschenen laten oplichten. Dit is het zogeheten 'asgrauwe schijnsel'. Ook het goede terugkaatsingsvermogen van het met sneeuw bedekte poolijs draagt bij tot de albedo. Verder spelen de terugkaatsing door stof in de dampkring en door het planeetoppervlak zelf een rol. Al deze bijdragen geven de aarde een albedo van 30 procent.
Mars kaatst iets minder van het ontvangen zonlicht terug dan de aarde. Dit komt vooral doordat Mars bijna geen wolken heeft. De albedo van Mars bedraagt 24 procent.

Uitstraling van een planeetoppervlak

Het oppervlak van een planeet neemt het overgebleven deel van het zonlicht op; Het oppervlak verliest ook weer energie door uitstraling. Ieder voorwerp in de ruimte verliest energie door uitstraling. De aard van die uitstraling hangt af van de temperatuur. Hoe hoger de temperatuur, des te korter de golflengte. De zon straalt bij een temperatuur van 6000 Kelvin in het zichtbare golflengtegebied. Bij de veel lagere temperaturen die op de planeten heersen vindt de sterkste uitstraling plaats bij langere golflengten, namelijk in het infrarode gebied.
De warmtestraling van een planeetoppervlak kan niet ontsnappen als de dampkring er ondoorzichtig voor is. Het zijn vooral koolzuurgas en waterdamp die de dampkring er ondoorzichtig voor maken. De aardse dampkring bevat één tot vier procent waterdamp en 0,03 procent koolzuurgas. De 'afschermende' werking van deze gassen is in het infrarode gebied heel sterk. Ondanks de betrekkelijk geringe hoeveelheid van deze gassen, is de dampkring zo toch grotendeels ondoorzichtig voor de straling van het aardoppervlak. Verder is er ook nog afscherming door waterdruppeltjes en ijskristalletjes in wolken.
De dampkring van Mars bevat niet minder dan 96 procent koolzuurgas. Maar die dampkring is erg ijl; de druk is maar 0,6 procent van de druk op aarde. Door deze ijlheid van de Marsdampkring is de infrarood-doorzichtigheid op Mars groter dan op aarde. Dat is het niet alleen: ook wolken ontbreken vrijwel.
Op Venus is de druk erg hoog, negentig maal die op aarde. De Venusdampkring

bestaat bovendien voor 95 procent uit koolzuurgas. Dit veroorzaakt een bijna volledige ondoorzichtigheid voor de warmtestraling vanuit het Venusoppervlak. Daardoor is de rol van het wolkendek hier niet zo groot.

Temperatuurverloop in de atmosfeer

Terwijl de ingaande stroom van zonnestraling maar weinig hinder van een dampkring ondervindt, is het dus de uitgaande warmtestroom die een sterke wisselwerking heeft met een dampkring. Die uitgaande warmtestroom is afkomstig van het oppervlak, dat dus als een kachel werkt. En zoals de temperatuur verder van een kachel steeds lager wordt, zo neemt boven een planeetoppervlak de temperatuur met de hoogte af.
Behalve door langgolvige warmtestraling is er in bepaalde gevallen ook nog energieoverdracht door opstijgende bellen warm gas (convectie). Zulke bellen zijn verwarmd door uitstraling van het oppervlak, of door rechtstreekse warmte-overdracht door geleiding. Tijdens het opstijgen koelen de bellen af. Deze opwaartse stroming is alleen van belang dicht bij het oppervlak. Het is deze stroming die bij zonnig weer en een voldoend hoog waterdampgehalte leidt tot de vorming van stapelwolken: de opstijgende bellen zetten uit en koelen af. Door deze afkoeling vormen zich druppeltjes uit de waterdamp. De opwaartse stroming is er ook bij een laag waterdampgehalte; deze zg. *droge thermiek* vormt geen wolken.
Of het energietransport nu door straling of door opstijgende luchtbellen plaatsvindt, altijd zal de temperatuur gemiddeld naar boven toe afnemen. Zulk energietransport gaat door tot een bepaalde hoogte in de dampkring; bij de aarde is dat tot ongeveer tien kilometer. Aan de top van de dampkring is het gas zo ijl dat alle straling vrij de ruimte in kan ontsnappen. Die toplaag neemt de temperatuur aan waarbij hij alle warmte die hij van beneden krijgt toegevoerd precies weer uitstraalt. Afdalend in de dampkring moeten opeenvolgende lagen dus steeds warmer zijn, om de uitgaande energiestroom in stand te houden. Het temperatuurverschil tussen de koude top van de dampkring en het warme planeetoppervlak is des te groter naarmate het energietransport sterker belemmerd is. Die belemmering komt in de dampkring van een planeet vooral door de ondoorzichtigheid in het langgolvige infrarood. Bij een broeikas was de belemmering de onmogelijkheid van luchtbewegingen.
Zoals hierboven al uiteengezet, is de ondoorzichtigheid voor de uitgaande straling het sterkst bij Venus, zwakker bij de aarde en het zwakst bij Mars. Bij Venus is het veroorzaakte temperatuurverschil tussen het oppervlak en de top van de dampkring 500 graden en bij Mars slechts 5 graden.

De aarde en Mars: vriezen en dooien

Op aarde maakte de broeikaswerking net het verschil uit tussen een gemiddelde temperatuur boven het vriespunt of onder het vriespunt van water. Op Mars echter ligt de temperatuur door de zwakke broeikaswerking daar onder het vriespunt. Toch zijn er aanwijzingen dat er vroeger wel water heeft gestroomd: zo tonen foto's van de Mariner 9 kleine geultjes aan het oppervlak; deze geultjes zijn waarschijnlijk door water uitgeslepen. In vroeger tijden moeten er dus temperaturen boven het vriespunt zijn voorgekomen. Volgens de huidige inzichten in de ontwikkeling van de zon is de zonnelichtsterkte in het verleden minder geweest dan nu. Dat zou tot nog lagere temperaturen hebben geleid. Veranderingen in de baan van Mars kunnen de temperatuur iets opvoeren, maar niet genoeg. Een sterkere broeikaswerking lijkt de beste mogelijkheid om in het verleden toch een hogere temperatuur op Mars te bereiken.

Een sterkere broeikaswerking is mogelijk bij een samenstelling van de dampkring met aanzienlijk meer waterstof en waterstofverbindingen dan nu. Koolstof bijvoorbeeld zou dan niet aanwezig zijn in de vorm van de zuurstofverbinding koolzuurgas, maar in de vorm van de waterstofverbinding methaan (het hoofdbestanddeel van aardgas). De stoffen in een dergelijke dampkring zorgen voor een grotere ondoorzichtigheid voor warmtestraling; zo wordt de oppervlaktetemperatuur hoger.
Waterstof kan zijn vrijgekomen bij heftige vulkanische gebeurtenissen in de vroege geschiedenis van Mars, vier en een half miljard jaar geleden. Deze gebeurtenissen moeten nog veel heftiger zijn geweest dan de uitbarstingen die veel later Olympus Mons zouden vormen: er vond onder andere ontleding van water in zuurstof en waterstof plaats. Vervolgens vormden zich waterstofverbindingen. In rustiger tijden vielen deze verbindingen weer uiteen, en de lichte waterstof ontsnapte uit de dampkring. Terwijl de scheikundige samenstelling verschoof naar de tegenwoordige toestand, werd de broeikaswerking ook minder. De planeet koelde af tot de temperatuur van nu.

Geschiedenis van de aardse dampkring

Ook de aarde heeft in zijn vroege geschiedenis door vulkanische gebeurtenissen waarschijnlijk veel meer waterstof en waterstofverbindingen in zijn dampkring gehad. In laboratoriumproeven is het nooit gelukt om scheikundige verbindingen die nodig zijn voor het ontstaan van leven te vormen in een gasmengsel met de samenstelling van de tegenwoordige dampkring. Deze verbindingen ontstaan wel in gasmengels met aanzienlijk meer waterstofverbindingen, waaronder ammoniak.
Geologische gegevens uit afzettingsgesteenten wijzen op een gemiddelde temperatuur van niet minder dan 70 graden Celcius kort na het ontstaan van de aarde. Gezien de geringere lichtkracht van de zon in de ontstaanstijd van die gesteenten moet de verklaring van die hoge temperatuur liggen in de sterkere broeikaswerking van de vroege dampkring, die dus inderdaad rijk geweest moet zijn aan waterstof en waterstofverbindingen.

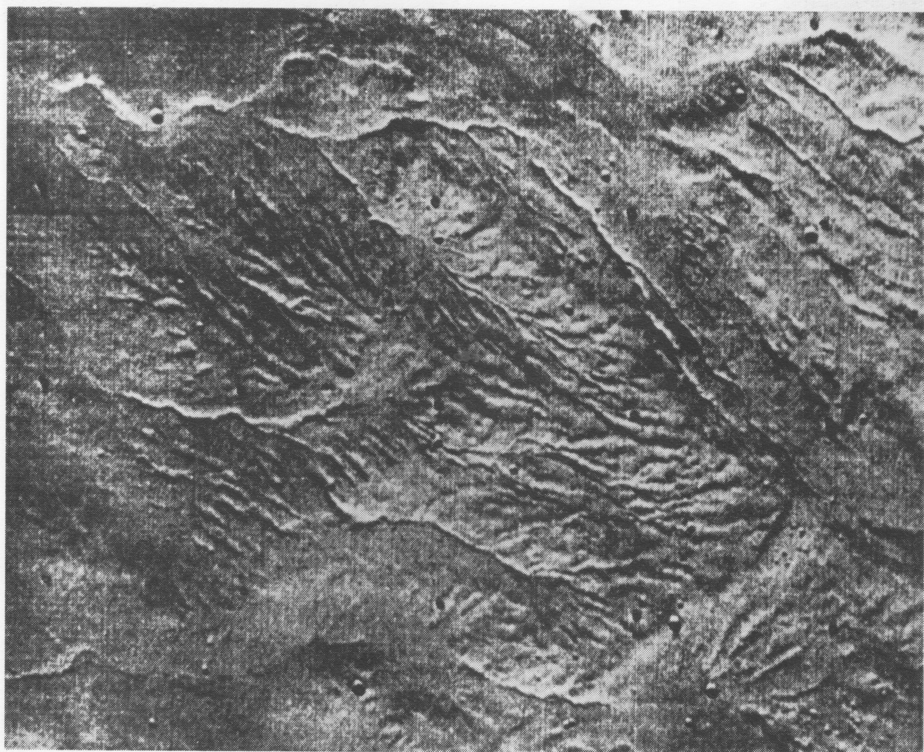


Fig. 2. Geulen op de flank van Alba Patera op Mars, gefotografeerd door de Mariner 9. Deze geulen wijzen er sterk op dat er vroeger op Mars water heeft gestroomd. Dit water zou het gevolg kunnen zijn geweest van een broeikaswerking die sterker was dan thans.

De genoemde warme tijd is onderbroken geweest door ijstijden. Die zouden het gevolg kunnen zijn geweest van een tijdelijke vermindering van de opgenomen zonne-energie door een verhoogd albedo. De ijstijden van het laatste miljoen jaar lijken een gevolg van de toegenomen albedo door de vorming van landijs aan de zuidpool. Die ijsmassa ontstond pas toen het zuidpoolwerelddeel bij de algemene verschuiving van de werelddelen op die plaats terechtkwam. Het zuidpoolijs zorgde voor een algemene afkoeling en maakte verder het klimaat minder standvastig. Zo werd de invloed die kleine veranderingen in de aardbaan op de hoeveelheid inkomende zonnestraling hebben, merkbaar in de afwisseling van ijstijden en warmere tijdvakken op het noordelijk halfrond. Het laatste is uitvoerig beschreven in het artikel van J. Oerlemans: IJstijden en hun mogelijke oorzaken, in Zenit 7 (1980) no. 11, pag. 424-429.

Literatuur

James B. Pollack, *Climatic Change of the Terrestrial Planets*, Icarus *37* (1979), 479-553.

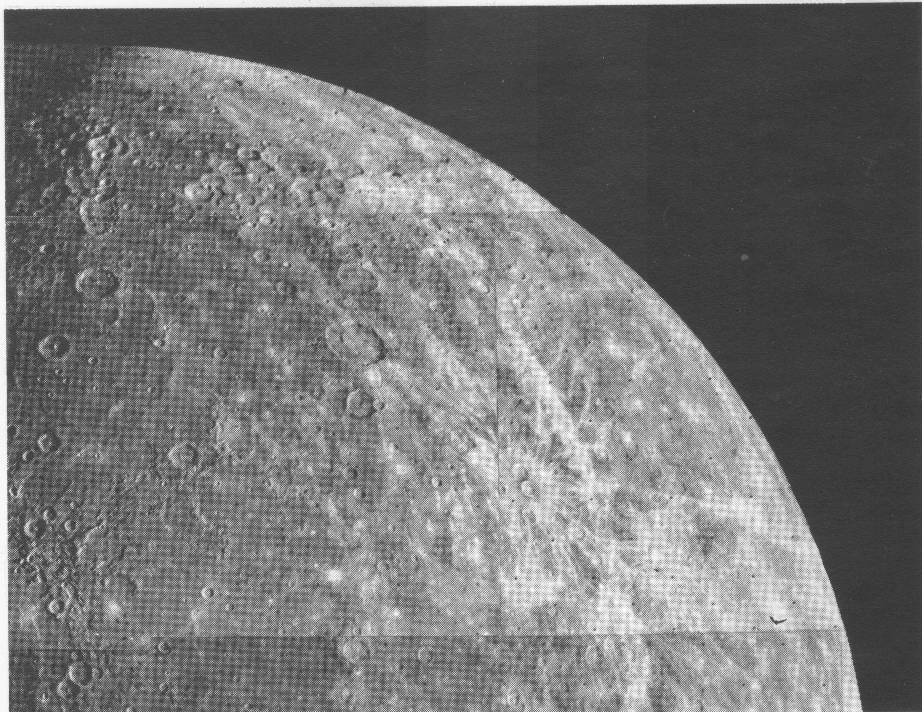


Fig. 4. Mercurius is een planeet zonder een spoor van een atmosfeer, evenals de maan. Dit heeft tot gevolg dat het oppervlak aan extreme temperatuurverschillen blootstaat.

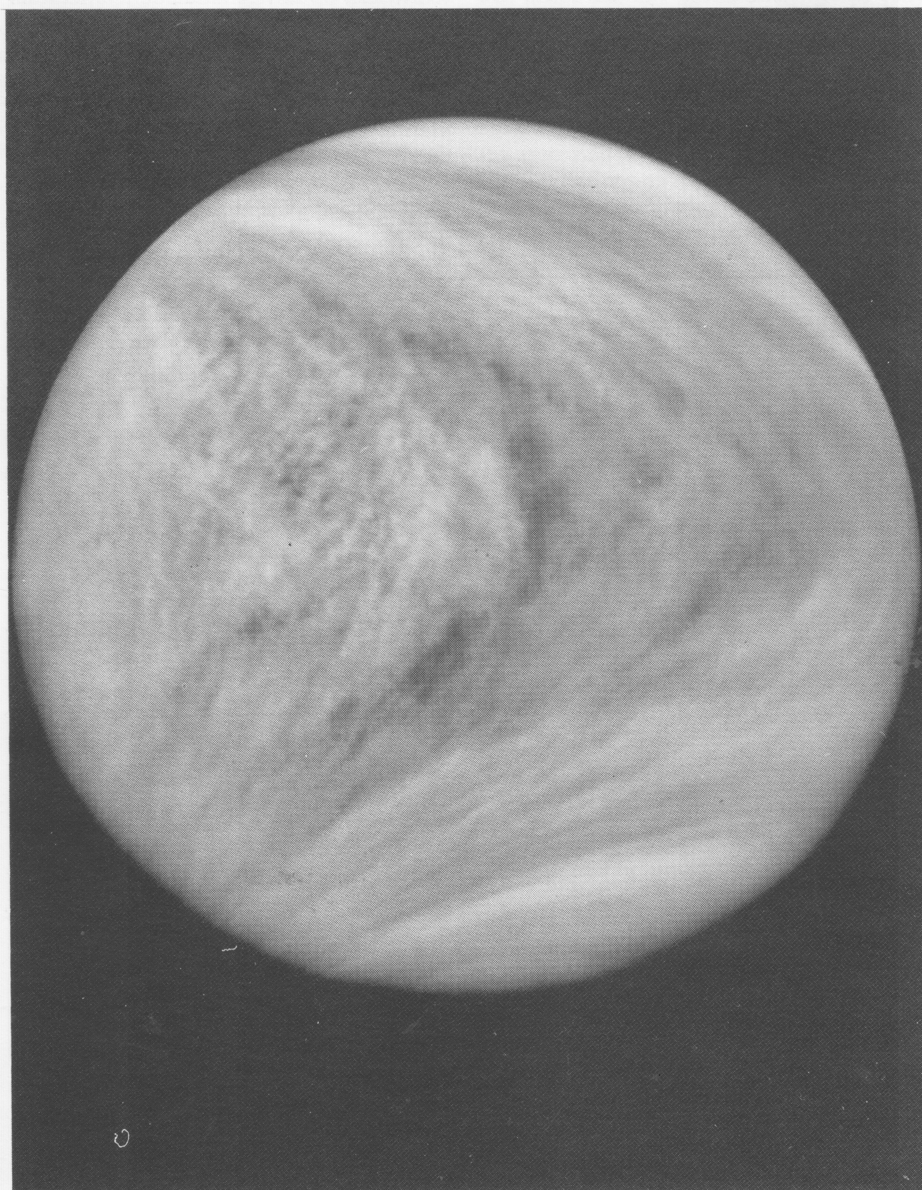


Fig. 3. Venus heeft een zeer dicht wolkendek, dat het grootste deel van de zonnestraling terug de ruimte in kaatst: vandaar de grote helderheid van deze avond- en morgenster. De dichte koolzuur-atmosfeer van deze planeet zorgt er voor dat aan het oppervlak helse temperaturen heersen.

De Winter van 1979/80

H. A. Quarles van Ufford

In tegenstelling tot de winter van 78/79, die ongetwijfeld lang in de herinnering zal blijven door zijn ijzige sneeuwstormen en schier eindeloze gladheidsverschijnselen, vertoonde de winter van 79/80 geen uitgesproken dominerende trekken, maar veeleer een zeer gevarieerd pakket van karakteristieke weertypen. Weliswaar was het eindresultaat een zacht, somber en veel te nat seizoen, maar de gemiddelde eindcijfers gaven het karakter van deze winter zeer onvolkomen weer.
De wintermaanden leken geen van allen op elkaar. Werd december gekenmerkt door stormachtig weer met veel regen en een bijzonder zachte 1e decade, het meest opvallende weertype van januari was een mooie en rustige vorstperiode met veel schaatsplezier in de 2e decade. Februari bracht in de eerste week veel regen en wateroverlast op de grote rivieren, maar werd verder een rustige en droge maand met een zeer zonnige periode van de 17e t/m de 24e; in alle drie decaden was de gemiddelde temperatuur boven normaal.
Het verloop van de decadegemiddelden van temperatuur, regenval en zonneschijn, alsmede van de normale waarden, is in de drie diagrammen van fig. 1 weergegeven. Het uitzonderlijk warme begin van december, de snelle temperatuurdaling tot midden januari en de even snelle temperatuurstijging tot omstreeks 10 februari komen in diagram A duidelijk tot uiting en vertonen als het ware een veelvoud van de normale seizoensgang, zij het dat de temperatuurstijging iets te vroeg intrad.
Diagram B geeft het verloop van de neerslag aan en vertoont twee natte en twee droge perioden. Vooral de eerste, tot in januari voortdurende natte periode is opvallend. Het is dan ook deze periode die voor het neerslag overschot van het seizoen verantwoordelijk mag worden gesteld, want januari en februari tezamen leverden gemiddeld over het land zelfs een klein tekort van 5 mm op. Diagram C, dat het verloop van de duur van de zonneschijn aangeeft, laat zien, dat slechts in drie decaden de zon normaal of langer dan normaal geschenen heeft. In feite leverden januari en februari ieder een periode van 8 dagen op met veel zon. De rest van de tijd was het weer overwegend somber.
Wat de temperatuurverdeling in ons land betreft, het is algemeen bekend, dat het in de winter in het noordoosten en oosten merkbaar kouder is dan langs de kust en met name het kustgebied van Zeeland. Normaal bedraagt het verschil van de gemiddelde wintertemperatuur tussen b.v. Eelde en Vlissingen 1,8°C.
Deze keer was dat verschil iets groter, nl. 2,4 °C. Dat was ook het geval in de voorafgaande en zo geheel anders verlopende winter van 78/79. Het is daarom interessant na te gaan hoe in de afgelopen winter dat grotere verschil tussen het wat continentale klimaat in het noordoosten van het land en het meer maritieme klimaat van Zeeland tot stand is gekomen.
We doen dit aan de hand van een beschrijving van de achtereenvolgende circulatie- en weertypen, die deze winter heeft gebracht, waarbij ook de luchtsoorten ter sprake zullen komen, die bij elk type ons land overspoeld hebben.
De eerste decade van december handhaafde zich de luchtdrukverdeling die reeds eind november tot stand was gekomen. Een zone van hoge luchtdruk strekte zich uit van het zeegebied ten westen van Spanje over Midden-Europa naar het oosten en een zone van lage luchtdruk van New-Foundland via het zeegebied ten zuiden van IJsland naar Scandinavië. In de lagedruk-zone trokken voortdurend depressies van west naar oost. Boven ons land voerde een krachtige en homogene zuidwestelijke luchtstroming zeer zachte maritieme lucht aan, waarin de maxima tot 14°C opliepen. Een zeer uitzonderlijke waarde voor de tijd van het jaar.
Het temperatuurverschil tussen Eelde en Vlissingen bedroeg in deze decade slechts 1,0°C dit is 0,8°C minder dan normaal. Het weer was veelal somber en er viel herhaaldelijk regen.
In de tweede decade verplaatsten de bovengenoemde druksystemen zich naar het zuidoosten en kwamen de depressiebanen dicht bij ons land te liggen. Niet minder dan vijf stormen trokken in deze periode met veel regen en plaatselijk onweersbuien over het land. Herhaaldelijk werd aan de kust windkracht 8 gemeten. Ook dit is als bijzondere situatie aan te merken.
Hierbij was hoofdzakelijk maritiem-polaire lucht betrokken, die een noordelijker baan over de oceaan had afgelegd dan de polaire luchtmassa's in de vorige periode en die dan ook enkele graden kouder was.
Het temperatuurverschil tussen het noordoosten van het land, dat meer in het bereik lag van de koude lucht, en het zuidwesten, dat door iets zachtere luchtmassa's overspoeld werd, was in de 2e decade groter dan normaal. Het verschil tussen Eelde en Vlissingen bedroeg gemiddeld 2,9°C.
De laatste decade van december begon met twee vorstdagen en plaatselijk lichte sneeuwval, die echter spoedig overging in regen.
Tijdens de kerstdagen was het weer rustig, maar op de meeste plaatsen vrij somber, met enkele buien op de 25e, veel mist in de ochtend en avond en lichte vorst op de 26e. De volgende dagen trokken de fronten van twee oceaanstoringen met veel regen en wind over het land. Op het eind van de maand stroomde opnieuw koude lucht over ons land vergezeld van hagel- en natte sneeuwbuiten en plaatselijk onweer.
In deze decade bedroeg het gemiddelde temperatuurverschil tussen Eelde en Vlissingen 1,9°C, dus ongeveer gelijk aan de normale waarde.

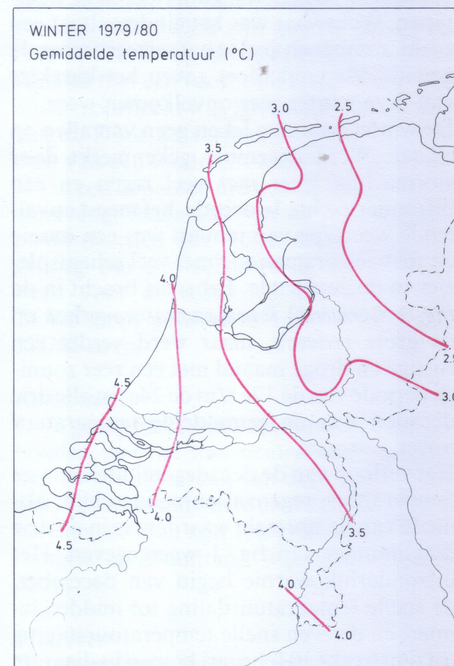
De maand januari vertoonde een geheel ander weerbeeld.
De koude noordwestelijke luchtstroming hield nog een paar dagen aan en de talrijke winterse buien gaven in een groot deel van het binnenland aanleiding tot de vorming

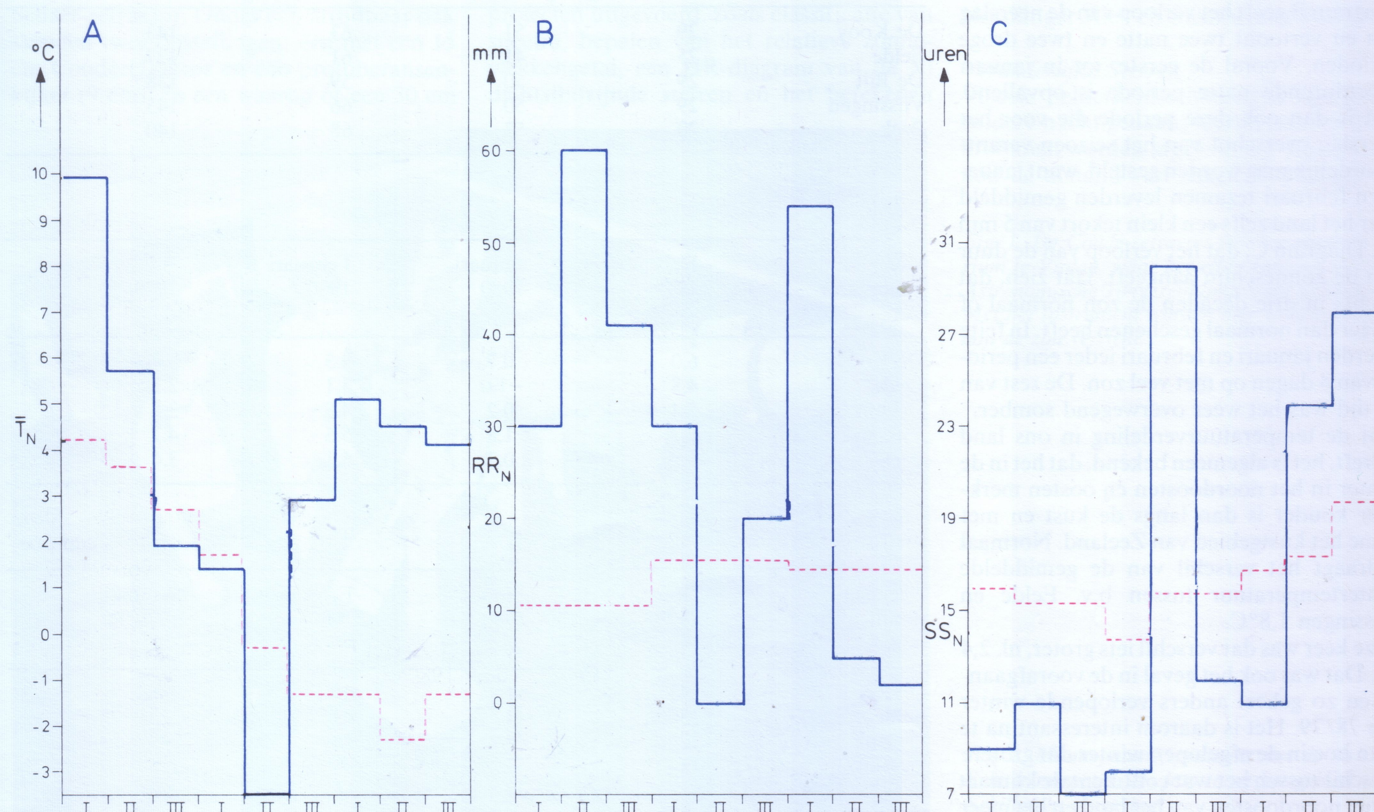
Aantal uren zonneschijn	December 1979	Januari 1980	Februari 1980	Winter 1979/80
De Kooy	29	51	63	143
Eelde	25	41	61	127
De Bilt	29	50	59	138
Vlissingen	29	50	66	145
Beek	20	52	68	140

Gemiddelde temperatur °C.	December 1979	Januari 1980	Februari 1980	Winter 1979/80
De Kooy	6.0	0.7	4.3	3.7
Eelde	4.8	−1.0	3.1	2.3
De Bilt	5.4	0.2	4.8	3.5
Vlissingen	6.7	1.8	5.5	4.7
Beek	5.5	0.2	5.1	3.6

Neerslagsommen in mm.	December 1979	Januari 1980	Februari 1980	Winter 1979/80
De Kooy	143	51	44	238
Eelde	130	44	49	223
De Bilt	127	68	54	249
Vlissingen	114	53	48	215
Beek	118	37	46	201

van een sneeuwdek, waarboven de temperaturen sterk konden dalen.
Er kwam op grote schaal matige, en plaatselijk zelfs strenge vorst voor vergezeld van dichte mist. Kort daarop werd de vorst weer uit ons land verdreven door het front van een oceaandepressie, dat met sneeuw en regen noordoostwaarts trok.
Boven de smeltende sneeuw ontstond opnieuw op grote schaal mist. Inmiddels was op hoge breedte een gebied van hoge luchtdruk ontstaan. Met oostelijke winden werd geleidelijk weer koude, continentale lucht aangevoerd. Reeds op de 8e begon het in het noorden van het land licht te vriezen, op de 10e was dit ook in Zeeland het geval. Na het oplossen van de nog aanwezige bewolking daalden de temperaturen in de volgende nachten op vele plaatsen tot omstreeks -10°C. Deze vorstperiode hield aan tot de 21e. In De Bilt kwamen 8 ijsdagen voor.
In beide decaden was het gemiddelde temperatuurverschil tussen Eelde en Vlissingen erg groot n.l. resp. 3,5°C en 3,3°C, een gevolg enerzijds van uitstraling boven het sneeuwdek dat gedurende de eerste januaridagen vooral boven het noorden en oosten van het land aanwezig was, en anderzijds van het heen en weer schuiven van de vorstgrens over ons land, waardoor het in het noordoosten langer vroor dan in het zuidwesten.
De 3e decade van januari gaf een terugkeer te zien naar wisselvallig weer tengevolge van het weer op gang komen van een west-circulatie, die behoudens een korte onderbreking van 25-28 januari tot omstreeks 10 februari voortduurde.
De temperatuur sprong omhoog naar bovennormale waarden en bereikte een maximum op de laatste dag van de maand, toen plaatselijk 10°C werd overschreden. In Scandinavië heerste barre koude en begin feburari kwam de vorstgrens weer dichtbij ons land te liggen. Tussen 1 en 8 februari trokken 4 actieve depressies met veel regen vlak langs of over ons land, terwijl boven Denemarken sneeuwstormen woedden die aan de winter van 78/79 deden denken. De temperatuurtegenstellingen deden zich ook boven ons land voelen.
Gedurende de eerste 6 dagen van februari bedroeg het gemiddelde temperatuurverschil tussen Eelde en Vlissingen ruim 4°C, tegen 1,7°C tijdens de laatste decade van januari.
De overvloedige regenval begin februari, die zich vooral boven het Rijnbekken deed gelden en die bovendien gepaard ging met het wegsmelten van een aanzienlijk sneeuwdek in de Vogezen, het Zwarte Woud en het Sauerland was de oorzaak van de bijzonder hoge waterstanden die omstreeks 9 februari op de Rijn werden waargenomen. Daarna kreeg het weer een rustiger karakter, waardoor geen kritieke situatie langs de dijken is ontstaan.
De wind bleef zuidwestelijk, zodat de temperatuur meest boven normaal was. Er viel weinig regen, maar mist kwam nogal eens voor. De temperatuurgradient boven ons land was in de 2e decade van februari gering. Het temperatuurverschil tussen Eelde en Vlissingen bedroeg 1,5°C. Aan het eind van deze decade werd de luchtdruk hoog boven het Oostzee-gebied en laag boven Zuid-west-Europa. De wind draaide naar het zuidoosten en voerde drogere lucht aan, met als gevolg een serie zonnige dagen, die tot de 24e duurde.
Doordat de luchtaanvoer boven Groningen vanuit Duitsland, maar boven Zeeland vanuit Frankrijk plaatsvond, namen de temperatuurtegenstellingen boven ons land weer toe. In Groningen kwam iedere nacht lichte vorst voor en op een dag bleef de temperatuur de hele dag in dichte mist beneden 0°C, terwijl in het zuiden van ons land nog temperaturen van meer dan 10°C gemeten werden. Gemiddeld over de laatste decade was het temperatuurverschil tussen Eelde en Vlissingen 2,9°C.





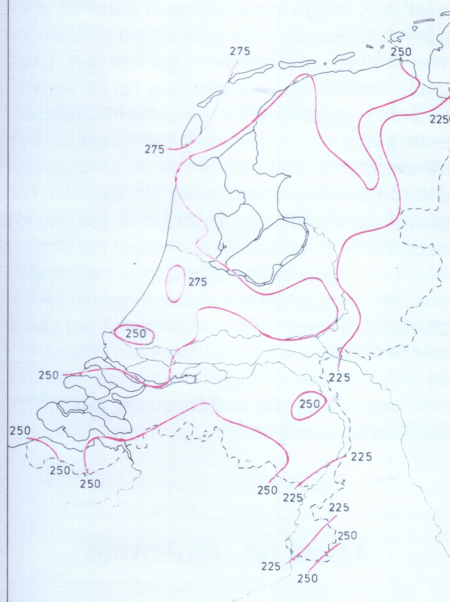


Fig. 3. Verdeling van de totale neerslaghoeveelheden in Nederland in de winter 79/80.

Fig. 2. Verdeling van de gemiddelde wintertemperatuur in Nederland, seizoen 79/80.

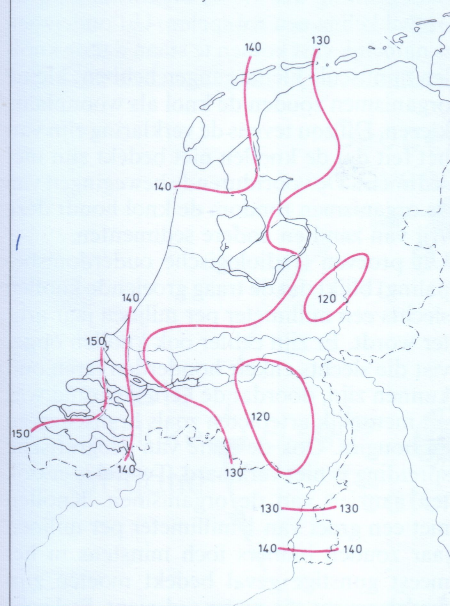


Fig. 4. Verdeling van het totaal aantal uren zonneschijn in Nederland in de winter 79/80.

Fig. 1A Temperatuur
Decadegemiddelden van de winter 79-80 (getrokken lijnen) en normalen (gestippelde lijnen), gemiddeld over de 5 hoofdstations.

Fig. 1B Neerslag
Decadesommen van de winter 79/80 (getrokken lijnen), en normalen (gestippelde lijnen), gemiddeld over het hele land.

Fig. 1C Zonneschijn
Aantal uren per decade van de winter 79/80 (getrokken lijnen) en normalen (gestippelde lijnen), gemiddeld over de 5 hoofdstations.

Kolleges sterrekunde voor afgestudeerden 1981

Deze kolleges behandelen in 1981 het onderwerp

Nauwe dubbelsterren

Ze vinden plaats op donderdagavonden van 19.30 tot 21.15 uur in de Sterrewacht te Utrecht, Zonnenburg 2 (stadsbus: lijn 2 van het station, uitstappen halte Agnietenstraat).

Onderwerpen:
5 maart: Prof. dr. C. de Jager: Nauwe dubbelsterren; inleiding en probleemstelling.
12 maart: dr. J. R. W. Heintze: Algolsterren.
19 maart: dr. G. J. Savonije: de evolutie van nauwe dubbelsterren, cataclysme-veranderlijken.
26 maart: Prof. dr. E. P. J. van den Heuvel: Röntgendubbelsterren.

Toelichting:
In nauwe dubbelsterren staan de komponenten zo dicht bij elkaar dat massa-uitwisseling kan optreden: de evolutie van de sterren is daardoor niet meer onafhankelijk van elkaar. Bovendien heeft materie uitwisseling bijzondere effekten ten gevolge, zoals de vorming van een heet gas (uitzending van röntgenstraling) of zelfs explosieve verschijnselen (novae).

De voordrachten zijn voor ieder toegankelijk met voorkeur voor afgestudeerden. Om een overzicht te krijgen over de te verwachten deelneming wordt men wel verzocht zijn/haar komst van te voren aan te melden bij het sekretariaat van de Sterrewacht (Zonnenburg 2, 3512 NL Utrecht; tel. 030-312841).

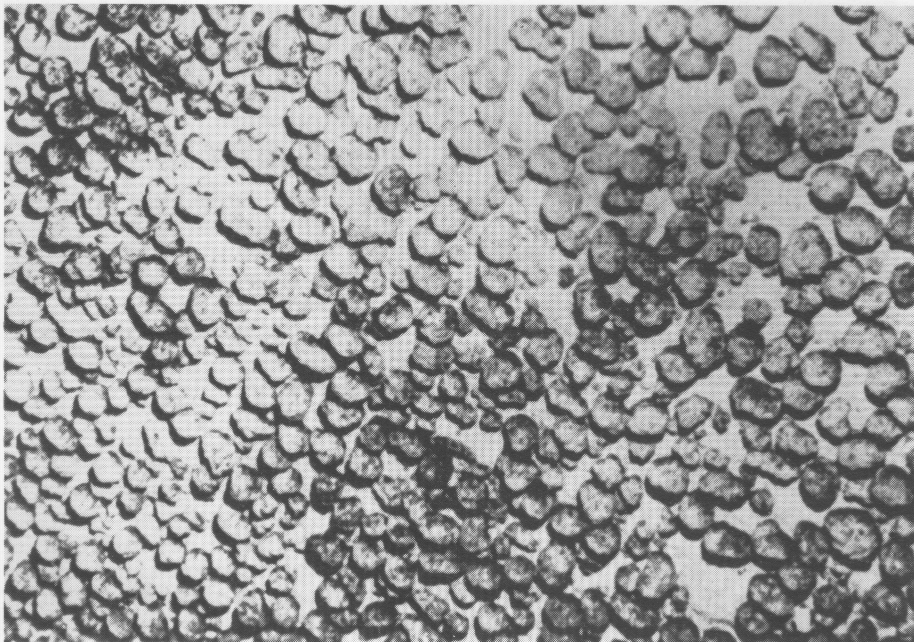
C. de Jager.

Internationaal onderzoek klimaatsveranderingen

De Internationale Raad van Wetenschappelijke Unies (ICSU: International Council of Scientific Unions) is in samenwerking met de Wereld-meteorologische Organisatie (WMO) begonnen aan een groot onderzoek naar veranderingen in het klimaat. Met dit project, waaraan tal van wetenschappelijke onderzoekinstituten zullen meewerken, zal een bedrag van naar schatting een miljard gulden zijn gemoeid. Het onderzoek zal tien tot twintig jaar in beslag nemen. ICSU-president, prof. dr. C. de Jager van het Astronomisch Instituut te Utrecht, noemde het onderzoek het grootste samenwerkingsproject van de twintigste eeuw. De uitwerking ervan is het hoofdthema van de achttiende algemene vergadering van de bovengenoemde overkoepelende organisatie. Minister Van Trier van het departement voor Wetenschapsbeleid opende op 8 september 1980 deze vergadering, die in het Koninlijk Instituut voor de Tropen te Amsterdam werd gehouden.

De Jager meent dat een mondiaal onderzoek naar veranderingen in het klimaat van groot belang is voor het voortbestaan van de mens. Er moet een antwoord komen op vragen als: waarom wordt de Sahel steeds droger en wanneer komt er een ijstijd? Tevens willen de deskundigen proberen maatregelen voor te stellen om de mensheid te beschermen tegen de gevolgen van een afbrokkelende natuur. Zo verdwijnt jaarlijks een hoeveelheid bos waarvan de oppervlakte vergelijkbaar is met die van Groot-Brittannië; dit betreft in hoofdzaak tropisch regenwoud. Woestijngebieden daarentegen nemen op dezelfde schaal in omvang toe (zie bijv. Zenit 1977, p. 234).
Een groot deel van het congres is gewijd aan alternatieve energiebronnen, zoals wind-, water- en zonne-energie. De Internationale Raad wil bekijken wat daaraan in wereldverband kan worden gedaan. Tevens wenst de Raad een internationale studie naar de gevolgen van de opslag en dumping van het radioactieve afval van kerncentrales. Er is op het congres eveneens gesproken over het toenemende koolstofdioxidegehalte van de lucht als gevolg van het gebruik van fossiele brandstoffen. Ook is nog aandacht besteed aan de mogelijkheid tot meer samenwerking in het onderzoek naar de landbouwproduktie in de halfdroge gebieden; dit is een probleem dat steeds grotere vormen aanneemt.

(BZ/Het Financiële Dagblad, 10 september 1980)



Het zwaartepunt van het zoeken naar delfstoffen blijkt de laatste jaren steeds meer naar zee te zijn verschoven. Vooral de continentale plateaus, die geologisch gezien een voortzetting onderwater zijn van het vaste land, worden op veel plaatsen op de aanwezigheid van delfstoffen onderzocht. Naarmate de kennis en de techniek toeneemt zal een steeds groter deel van de zee en haar ondergrond worden geëxploreerd. De laatste jaren neemt de kennis van de diepe delen van de oceaan dan ook voortdurend toe. Wat betreft de olie en gaswinning zijn de verwachtingen niet zo hoog gespannen (vanwege de geologische structuur); dit is echter wel het geval met betrekking tot het winnen van ertsen. Op de oceaanbodem liggen namelijk enorme erstvoorraden: de zogenaamde mangaanknollen (metaalknollen).

Theo M. Huisman

Mangaanknollen: schatten op de zeebodem

Fig. 1. Een veld mangaanknollen op de bodem van de oceaan.

De totale geschatte hoeveelheid erts op de zeebodem overtreft de huidige bekende landvoorraden. Mocht het dus mogelijk worden deze ertsen op een relatief eenvoudige wijze te winnen, dan zal dit van ingrijpende betekenis zijn voor de industriële structuur van alle landen. Het mag dan ook niet verwonderlijk worden geacht, dat de belangrijke industriële mogendheden op 'jacht' zijn naar deze knollen. Door winning van deze metalen kan o.a. de afhankelijkheid van toeleverende landen worden verkleind.

De ontdekking

Tijdens een oceaanexpeditie in 1873 werden door onderzoekers, bij het nemen van bodemmonsters, kleine bruinzwarte knollen opgevist (de knollen zijn te vergelijken met aardappels).
Een chemische analyse toonde aan dat deze knollen naast nikkel en koper een groot percentage mangaan- en ijzeroxide bevatten. Toch duurde het bijna een eeuw voordat de knollen van werkelijke betekenis werden geacht. Uit voortgaand onderzoek, dat vooral na de Tweede Wereldoorlog op gang kwam, bleek dat de knollen in grote aantallen op diverse plaatsen in de oceanen voorkomen. Fig. 1 geeft een indruk van zo'n mangaanknollenveld. De concentratie is op sommige plaatsen zo groot, dat het lonend wordt geacht om een soort van diepzeemijnbouw te ontwikkelen.

Exploratie en exploitatie

Opsporen en winnen van mangaanknollen vereist het gebruik van moderne technieken. De 'mijnbouw' moet op sommige plaatsen namelijk geschieden op een diepte van 6000 meter. (De maximale diepte waarop een *mens* redelijkerwijs nog kan werken is ongeveer 300 meter). De ontwikkeling van de benodigde techniek werd vooral gevoed door de ontwikkelingen in de ruimtevaart, waardoor afstandsbediening van camera's en voertuigen geperfectioneerd werden. Het is dan ook geen wonder dat de Amerikaanse onderneming Lockheed Missiles en Space Company een deelnemer is aan een mijnbouwconsortium. Ook de ervaringen opgedaan met de olie en gaswinning op o.a. de Noordzee maakten mijnbouw mogelijk. De diverse maatschappijen ontwikkelen weliswaar allen eigen systemen, maar in het algemeen bestaat de uitrusting uit de volgende basiselementen:
a. Operatiebasis (landbase);
b. Speciaal toegerust mijnbouwschip of oppervlakteplatform (het schip of platform moet op de 'site' blijven; dynamische positionering geschiedt door computersystemen);
c. Een bodemmijnwerktuig, geschikt om de knollen te verzamelen maar ook om informatie door te geven; vang-, zuig- of grijptechnieken;
d. Een transfersysteem, pijpzuiger of jakobsladdersysteem;
e. Raffinagecapaciteit.

Een wetenschappelijke puzzel

Uit onderzoek is vast komen te staan dat de mangaanknollen in de diepe delen van de oceaan op de bodem rusten; soms zijn ze met een dun laagje modder overdekt. De mangaanknollen zouden zijn ontstaan uit een chemische reactie bij hoge druk tussen de in het zeewater opgeloste elementen. Deze reactie doet de elementen neerslaan op kleine bodemdeeltjes, zoals schelpen.
Een andere theorie gaat uit van de hypothese dat bepaalde bacteriën enzymen ontwikkelen die gunstig inwerken op de in het zeewater opgeloste metaalzouten en deze daardoor doen neerslaan. Ook bestaat er de veronderstelling dat kleine organismen bij de ontwikkeling een rol spelen. Uit onderzoek is namelijk vast komen te staan dat de knollen minuscule kleine gangen hebben; kleine organismen zouden de knol als woonplaats kiezen. Dit zou tevens de verklaring zijn van het feit dat de knollen niet bedekt zijn met sediment. De voortdurende bewegingen van de organismen rondom de knol houdt deze vrij van zand en andere sedimenten.
Uit proeven (radiologische ouderdomsbepaling) blijkt dat de traag groeiende knollen slechts een millimeter per miljoen jaar groter wordt. Er zijn echter ook knollen opgevist die slechts enkele honderden jaren oud kunnen zijn, doordat de kern gevormd was uit menselijk artefacten zoals bomscherven en bougies. Ook de mate van geografische spreiding is niet verklaard. Twijfel is er ook ten aanzien van de organismen. Knollen met een groei van 1 millimeter per miljoen jaar zouden immers toch minstens in het meest gunstige geval bedekt moeten zijn met ongeveer een meter sediment. Stel echter dat een organisme het 'paadje' naar huis schoon houdt, dan is dit nog wel voor te stellen bij knollen van 10 cm doorsnee. Veel moeilijker wordt deze veronderstelling te verdedigen bij knollen met een gewicht van 750 kg en een doorsnee van één meter. Een dergelijke knol werd door een Britse expeditie opgevist bij de Phillipijnen (zie fig. 2).

Winbare voorraden

De grootste concentratie mangaanknollen werd tot nu toe gevonden in het zuidelijk deel van de Stille Oceaan (zuidelijk van Hawaii tot aan de westkust van Amerika). De knollen liggen hier op een diepte van 4500 meter. Uiteraard is de concentratie

niet overal gelijk; voor mijnbouw wordt 5-8 kg/m² een economische noodzaak geacht.

Aard en samenstelling van de knollen verschilt nogal per oceaan. Onderstaande tabel geeft de samenstelling weer van mangaanknollen zoals die gevonden werden in de Stille Oceaan. Gemiddeld komen zo'n vijftien ertssoorten in de knollen voor, waaronder lood, magnesium, titaan en aluminium. De totale winbare voorraad wordt geschat op $6 \cdot 10^{11}$ ton. Dat dit reusachtige hoeveelheden zijn blijkt nog eens uit de tabel. De voorraad is hier omgerekend naar wereldbehoefte (peil 1977, bron: Couper, 1978).

Samenstelling/ mangaanknol		wereld-behoefte gedekt voor (jaren)
Mangaan	24%	400.000
IJzer	14%	2.000
Nikkel	0,99%	150.000
Koper	0,53%	60.000
Kobalt	0,53%	200.000

Ook bij de overige metalen, die vaak in veel kleinere percentages voorkomen zouden de behoeften voor duizenden jaren gedekt kunnen worden. Vooral de Verenigde Staten hechten, gezien de huidige ontwikkelingen van de olievoorziening veel waarde aan onafhankelijkheid met betrekking tot het verkrijgen van delfstoffen. Amerikaanse maatschappijen leggen dan ook de nadruk op deze onafhankelijkheid. Voorts op verbetering van de betalingsbalans en besparing op energie. Dit laatste is tevens een milieuaspect, omdat de luchtverontreiniging zou afnemen. De metalen worden door middel van raffinage van elkaar gescheiden, dit in tegenstelling tot de smeltprocessen van de hoogovens.
De diverse maatschappijen verwachten in de komende jaren op commerciële basis te kunnen gaan draaien. De Amerikaanse maatschappij Deep Sea Ventures (Een consortium van Tenneco U.S. Steel en een Belgische- en Japanse mijnbouwgroep) heeft daartoe een claim van 60.000 km² ingediend bij de Amerikaanse regering. Ook andere maatschappijen, waaronder Billiton en Bos Kalis, hebben reeds miljoenen dollars in onderzoek en/of 'pilot'projecten gestoken. Steeds sterker en dringender wordt dan ook de roep om actie die zo snel mogelijk door een wettelijk kader gesteund moet worden.

Zeerechtconferentie

Dit wettelijke kader schept nu de problemen. Het door Hugo de Groot ontwikkelde idee van 'Mare Liberum' gold oorspronkelijk voor alle zeeën. Langzaam maar zeker veranderde dit. De aan zee grenzende staten gingen uit veiligheids of uit economische overwegingen steeds bredere zone's van de vrije zee afschermen. Territoriale wateren werden breder (nu algemeen 12 nautische mijlen, d.w.z. 12 × 1852 meter; visserijzones vijftig tot tweehonderd mijl en er werden verdelingen gemaakt over de te winnen delfstoffen op het continentale plat. Al met al werd (en wordt) de internationale vrije zee steeds kleiner. Ook een zeerechtconferentie kan echter geen wetten maken doch slechts afspraken. Landen die niet aan de conferentie deelnemen kunnen dan ook nauwelijks gedwongen worden de afspraken te respecteren.
Op de afgelopen zeerechtconferentie in Geneve (de U.N.C.L.O.S.)* is een ontwerp verdragtekst opgesteld waarin aan alle landen die aan de zee grenzen, een economische zone toebedacht wordt die tweehonderd nautische mijlen breed zal zijn. Deze zone regelt de activiteiten in de waterkolom en de bodem en ondergrond. Buiten dit gebied is de zee een internationale vrije zee. Voor deze vrije zee wil de V.N. conferentie afzonderlijke regels treffen. Een gedeelte van de opbrengst, verkregen door visserij, mijnbouw en andere activiteiten, zal door een V.N. instituut gelijkelijk verdeeld worden over alle landen. Hiermee zou voorkomen worden dat de landen met de meest geavanceerde methoden en technieken alleen zouden profiteren van deze ertsvoorraden. Vooral ertsexporterende landen zijn zeer bevreesd voor de economie. Landen zoals Chili (koper) Zambia (koper/kobalt) Brazilië, India en Gabon (mangaan) en vele andere landen met een eenzijdige export juichen een dergelijke regeling toe.
Toch zijn nieuwe verwikkelingen en ontwikkelingen al weer aan de gang. Huidige technieken maken het oog mogelijk metaalzouten direct uit zee te winnen, o.a. uranium. In dit geval wordt de zee als erts opgevat. Elk land, wel of niet aan zee grenzend, zou indien aan overige voorwaarden is voldaan zo naar behoefte kunnen beschikken over mineralen uit de zee.

* United Nations Conference of the Law of the Sea



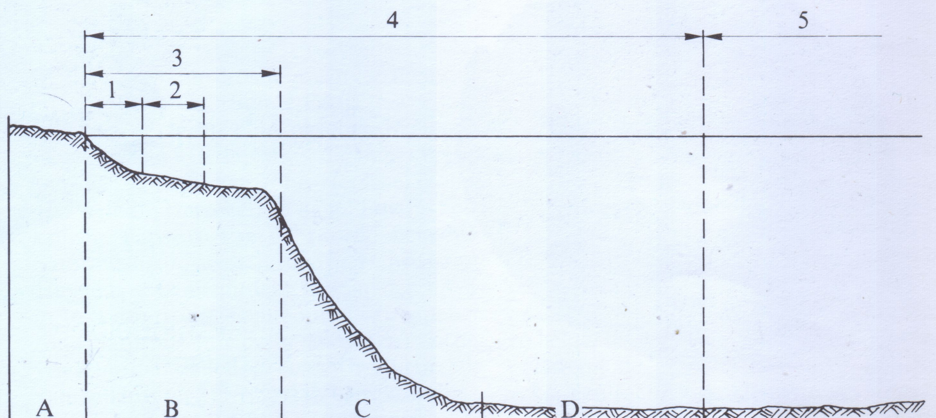
Fig. 2. Mangaanknollen met een diameter van één meter: hoe zijn deze ontstaan?

USSR
CHINA
JAPAN
CANADA
USA
Aleoeten
Hawaii
Marianen
Caroline eilanden
Marshall eilanden
P A C I F I C O C E A N
Nieuw Guinea
Gilbert eilanden
Solomon eilanden
Galápagos eilanden
Samoa eilanden
Fiji eilanden
Nieuw Caledonië
AUSTRALIA
NIEUW ZEELAND

Fig. 3. Spreiding van de vindplaatsen van mangaanknollen in de Stille Oceaan. Hier heeft men de grootste concentratie van deze potentiële ertsvoorraden gevonden.

Fig. 4. Schematische voorstelling van de grenzen in de zee en de zeebodem.
1) Territoriaal water: algemeen nu 12 zeemijl breed (waterkolom en ondergrond).
2) Aangrenzende zone: algemeen nu 12 zeemijl breed (waterkolom).
3) Visserijzone: varieert naar behoefte van 50 tot 200 mijl (alleen water).
4) Nieuw: Exclusieve economische zone (voor water en ondergrond).
5) Internationaal water waarvan de rechten nog niet opnieuw zijn vastgelegd.
A. Vasteland.
B. Continentale plat: een geologische voortzetting van het vasteland (valt hier toevallig samen met de visserijzone); exploratie en exploitatie apart geregeld door U.N.C.L.O.S. 1958.
C. Continentale helling (wordt soms apart onderscheiden).
D. Abyssale vlakte (diepzeebodem): hier worden de mangaanknollen gevonden.

Literatuur
Giarini, Louberge en Schwamm, L'Europe et les ressources de la mer, 1977
Christy, Clinham, Knight, Miles, Caracas and beyond, 1975
Skinner and Terekian, Man and the ocean, 1973
Prescott, The political geography of the ocean, 1975
Couper, The Law of the Sea, 1978
T. M. Huisman, Mangaanknollen, Geografenkrant, april 1980
H. G. Gierlof, Geographie des Meeres, New York, Berlin, 1980
J. Feekes, Metalen uit Zee, Shellvenster no 3 1978.



Neptunus al door Galilei waargenomen

Galilei is vooral bekend geworden doordat hij als een der allereersten met een telescoop naar de hemel keek en ontdekkingen deed die een belangrijke ondersteuning waren voor het heliocentrische wereldbeeld (d.w.z. waarin de zon een centrale positie inneemt). Zijn waarnemingen betroffen vooral de zon, de maan, de helderste planeten en de wereld van de sterren. Onlangs is echter gebleken dat hij ook de planeet Neptunus heeft waargenomen, al heeft hij deze niet als zodanig herkend.

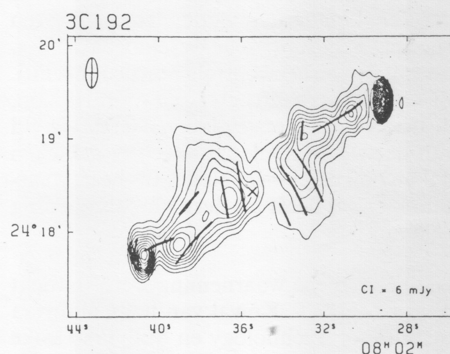
Galilei's vroege waarneming werd ontdekt door Charles T. Kowal van het California Institute of Technology en Stillman Drake van de universiteit van Toronto. Kowal was in Neptunus geïnteresseerd omdat de baan van deze verre planeet niet met dezelfde nauwkeurigheid bekend is als die van de andere planeten. Met zijn omlooptijd van 165 jaar heeft Neptunus sinds zijn ontdekking in 1846 nog niet eens één omloop om de zon gemaakt. De Franse astronoom Lalande blijkt de planeet (zonder het te beseffen) tijdens het in kaart brengen van de sterrenhemel al in 1795 te hebben waargenomen, maar de door hem bepaalde positie stemt niet overeen met de baan die men uit waarnemingen na de ontdekking heeft afgeleid. Het verschil bedraagt weliswaar slechts 7 boogseconden, maar aan het einde van de 18e eeuw zou de astronomische waarnemingstechniek al zo nauwkeurig zijn geweest dat dit verschil niet automatisch aan een waarnemingsfout kan worden toegeschreven.
Kowal had dan ook de hoop om een nog vroegere waarneming van Neptunus te kunnen vinden, waardoor de baan beter zou kunnen worden bepaald. Hij kwam te weten dat Neptunus in januari 1613 door Jupiter was bedekt en vroeg zich af of Galilei, die vanaf 1610 Jupiter en zijn vier helderste manen regelmatig waarnam, misschien ook Neptunus zou hebben gezien. Na met collega Drake de waarnemingsboeken van Galilei te hebben doorgespit boekte hij inderdaad succes: Galilei zou in de winter van 1612/1613 de planeet Neptunus maar liefst tweemaal hebben waargenomen. Op 28 december tekende hij naast Jupiter en zijn manen een ander object, dat hij voor een ster moet hebben aangezien. Er was toen echter geen ster in de buurt die hij zou hebben kunnen waarnemen. Op 28 januari ontdekte Galilei een verandering in de afstand tussen Neptunus en een er naast staande ster (nu bekend als SAO 119234), maar hij kon niet uitmaken welke van de twee zich zou hebben verplaatst. Om onduidelijke redenen heeft hij dit niet verder uitgezocht.
Ondanks zijn eenvoudige instrumenten zou Galilei de onderlinge posities van Jupiter en Neptunus vrij nauwkeurig hebben kunnen bepalen. Het verschil tussen zijn positie van Neptunus en de op grond van latere waarnemingen teruggerekende (ongeveer 1 boogminuut) zou volgens Kowal en Drake dan ook niet aan waarnemingsfouten alléén kunnen worden toegeschreven. Eén van de mogelijke oorzaken zou de aantrekkende werking van een nog onbekende planeet kunnen zijn. Deze zou zich dan buiten de baan van Neptunus om de zon moeten bewegen, omdat hij anders merkbare storingen in de beweging van de andere planeten zou veroorzaken. Zou er dan toch nog een mysterieuze 'Planeet X' bestaan?
De volledigheid gebiedt te vermelden dat Kowal op de bedekking van Neptunus door Jupiter werd gewezen door een artikel van Steven C. Albers in *Sky and Telescope* (1979 p. 220). Hierin gaf Albers een overzicht van alle planeet-planeetbedekkingen tussen de jaren 1570 en 2223. Hij merkte hierbij ook op dat m.b.v. deze bedekkingen wellicht nog niet eerder opgemerkte waarnemingen in historische bronnen zouden kunnen opduiken. Deze zouden van belang kunnen zijn voor het controleren van de beweging van deze planeten over lange perioden. Bijzonder interessant zou het zijn wanneer Neptunus per vergissing voor een maan van Jupiter zou zijn aangezien!
Tot slot moet nog worden vermeld dat Albers op zijn beurt geïntrigeerd was geraakt door dit soort bedekkingen na het lezen van een artikel in de *Journal of the B.A.S.* (1970 p. 282) van de hand van Jean Meeus. Ook deze Belgische amateur-astronoom heeft dus, zij het langs indirecte weg, een bijdrage geleverd tot de ontdekking van de opmerkelijke waarneming van Galilei.

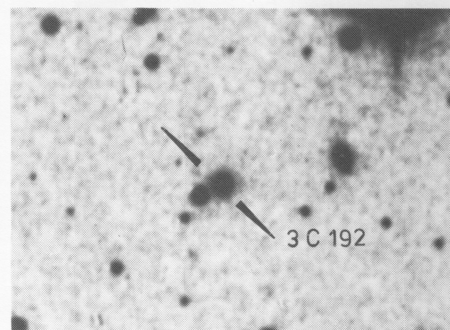
(GB/Nature, vol. 287, p. 311 (1980); Scientific American, dec. 1980)

A. G. Willis

RADIOSTERR

De ontwikkeling van onze kennis van radiostelsels is nauw verweven met de geschiedenis van de radiosterrenkunde zelf. Nieuwe vooruitgangen op het gebied van radio-astronomische technieken hebben onveranderlijk geleid tot nieuwe ontdekkingen met betrekking tot de eigenschappen van deze objecten. Maar hoewel radiostelsels behoren tot de eerste objecten die door radio-astronomen werden gedetecteerd (nu zo'n 30 jaar geleden) stellen deze sterrenstelsels ons nog steeds voor onbeantwoorde vragen en worden ze nog steeds intensief bestudeerd door astronomen. In dit artikel wordt onze huidige kennis over deze radiobronnen samengevat.





In het begin van de jaren vijftig ontdekten astronomen het karakteristieke in de structuur van radiostelsels, namelijk dat de gebieden van sterke radio-emissie gewoonlijk apart staan van het ermee geassocieerde optische stelsel en ten opzichte hiervan symmetrisch liggen. De radiostraling is bovendien afkomstig van een veel groter gebied in de ruimte dan wordt ingenomen door het optische stelsel, dat onveranderlijk een reuzen-elliptisch stelsel is. Figuur 1 toont een vergelijking tussen een reuzen-elliptisch stelsel en de ermee geassocieerde radiostraling.

Men realiseerde zich tegelijkertijd dat de radiostraling waarschijnlijk wordt geproduceerd door vrije elektronen, die met bijna de lichtsnelheid door de intergalactische magnetisch velden bewegen. Deze relativistische elektronen (zo genoemd omdat ze bij deze hoge snelheid speciale eigenschappen zullen vertonen die worden voorspeld door de relativiteitstheorie van Einstein) worden voortdurend door het magneetveld afgebogen van een rechtlijnige weg. Als gevolg daarvan zullen ze een spiraalbaan volgen rondom de magnetische veldlijnen (zie figuur 2). Tegelijkertijd zenden de elektronen straling uit die voor het grootste deel is geconcentreerd binnen een kegel die steeds in de voorwaartse bewegingsrichting wijst. De golflengte waarin deze straling wordt uitgezonden hangt af van de bewegingsenergie van de elektronen en van de sterkte van het magneetveld waar ze doorheen bewegen. Omdat de magnetische velden in de intergalactische ruimte bij radiostelsels zo zwak zijn (karakteristiek is een factor 10^5 maal zo zwak als op het aardoppervlak) wordt de meerderheid van de straling uitgezonden op radiogolflengten. Radiogolven zijn elektromagnetische golven met een grote golflengte, ca. 10^5 maal zo groot als van de optische golflengten waarvoor ons oog gevoelig is, en ze bevatten erg weinig energie. (Hoe langer de golflengte, hoe minder energie de straling heeft). Dit soort straling, afkomstig van relativistische elektronen werd voor het eerst op Aarde gemeten kort na de Tweede Wereldoorlog in een bepaald type deeltjesversneller (een synchrotron) zodat de straling nu in het algemeen wordt aangeduid met synchrotronstraling. Men verwacht van synchrotronstraling een hoge graad van lineaire polarisatie en er blijkt inderdaad dat de straling van radiostelsels vaak sterk is gepolariseerd. Daarom heeft men er enig vertrouwen in dat de straling die opgevangen wordt van radiostelsels inderdaad door het synchrotronproces wordt opgewekt.

De vroege ontdekking dat de radiostraling afkomstig is van twee wolken relativistische elektronen (gewoonlijk symmetrisch gelegen aan twee zijden van het optische stelsel) leidde tot de veronderstelling dat deze wolken van deeltjes mogelijk gevormd en uit het stelsel geworpen waren in één enorme ontploffing. Gedetailleerde beelden van radiostelsels, verkregen met moderne radiotelescopen zoals die in Westerbork, onthulden echter dat dit model voor de ontwikkeling van een radiostelsel zeker niet correct is. In plaats daarvan worden radiostelsels waarschijnlijk gevormd door een miljoenen of zelfs miljarden jaren voortdurende activiteit in de diep in het stelsel verscholen kern.

Klassieke dubbelbronnen

De gedetailleerde kaarten die de afgelopen tien jaar werden gemaakt tonen dat de meeste radiostelsels kunnen worden ingedeeld in verschillende categorieën. Eén van deze groepen vormen de zogenaamde *klassieke dubbelbronnen.* De klassieke dubbelbronnen, met hun radio-lobben symmetrisch gelegen aan beide zijden van het optische stelsel, vormen het eerste type radiostelsels dat door radio-astronomen werd ontdekt. Zij werden het eerst opgemerkt doordat het bijna altijd de meest lichtsterke bronnen zijn die deze structuur bezitten. Bij bronnen van dit type (zie figuur 1 voor een schitterend voorbeeld) zijn de radiolobben onderling vaak ook symmetrisch. De linker lob van het radiostelsel uit figuur 1 bijvoorbeeld zou erg op de rechter lob lijken wanneer hij 180° werd gedraaid. Gewoonlijk bevatten de buitenste gedeelten van de lobben intens 'hete plekken' van sterkere radiostraling. Deze hete plekken – er is er meestal een per lob – liggen in de regel aan de buitenste, van het optische stelsel afgekeerde zijden van de lobben. Hun karakteristieke afmetingen liggen in de orde van een paar honderd lichtjaar. Ze zijn dus veel kleiner dan de lobben zelf, waarvan de afmetingen honderdduizenden tot miljoenen lichtjaren bedragen.

ENSTELSELS

Vertaling: Niek de Kort

Fig. 1. a. Een contourkaart van de radiostraling op een golflengte van 6 cm van het prachtige radiostelsel 3C 192, zoals dat werd waargenomen met de Westerbork Synthese Radiotelescoop (WSRT). De radiobundel – of oplossend vermogen – is aangegeven in de linkerbovenhoek met een ellips (7" in rechte klimming en 17" in declinatie). Let op de twee heldere hete plekken van radiostraling aan de buitenzijden van de radiolobben. Het optische moederstelsel, waarvan de kern met 'X' is aangegeven, ligt bij benadering in het centrum van de radio-emissie. De lijnen die op de radiocontouren zijn aangebracht, geven de richting van het magnetische veld in de lobben aan. (Met dank aan J. A. Högbom)

b. Het optische beeld van het veld waarin de radiostraling (figuur 1a) werd gemeten. In het midden van deze opname zien we het optische stelsel dat met de radiobron 3C 192 overeenkomt. (Copyright: National Geogr. Soc. Palomar Obs. Sky Survey)

Er is ook ontdekt dat het optische stelsel dat tussen de radiolobben ligt, altijd een compacte radiobron in het centrum bevat. Deze radiobron (meestal niet meer dan slechts enkele lichtjaren groot) wordt verondersteld gerelateerd te zijn met de activiteit in het centrum van het sterrenstelsel. De detectie van deze kern-bronnen heeft het bewijsmateriaal geleverd dat het waarschijnlijk de langdurig voortdurende kernactiviteit is die de grote lobben van radiostelsels veroorzaakt. De hete plekken in de grote lobben en de kernbron liggen namelijk meestal goed op één lijn (bij Cygnus A, één van de helderste radiobronnen aan de hemel, is de afwijking van een rechte lijn minder dan één graad), en bovendien tonen de centrale bronnen, wanneer ze gedetailleerd in kaart worden gebracht, gewoonlijk uitstulpingen in de richting van de grote lobben. Een bekend voorbeeld is het radiostelsel 3C 236 (figuur 3a). Waarnemingen uit Westerbork laten zien dat deze bron twee uitgebreide, grote lobben heeft die zich over minstens 12 miljoen lichtjaar uitstrekken. Tussen deze grote lobben ligt een sterke kernbron die ongeveer evenveel radiostraling uitzendt als de twee grote lobben samen, ondanks het feit dat hij vele orden van grootte kleiner is dan de lobben, nl. ongeveer 4000 lichtjaar. Gedetailleerde waarnemingen van deze kernbron (figuur 3b) brengen aan het licht dat hij bestaat uit een aantal kleine componenten, die echter over het geheel gezien op vrijwel dezelfde manier zijn georiënteerd als de grote lobben.
Met gebruik van dit observationeel bewijs hebben astronomen geconstrueerd wat wel het bundelmodel van extragalactische radiobronnen wordt genoemd. Met het bundelmodel stelt men zich het volgende scenario voor. Diep in het optische stelsel begint de kern op zekere manier enorme hoeveelheden materiaal met hoge energie te produceren. Dit energetisch materiaal wordt vervolgens uit de kern gestoten in twee sterk samengedrukte bundels en wel in tegenovergestelde richtingen. De uiteinden van deze bundels boren zich in de intergalactische ruimte, die vermoedelijk is gevuld met ijl, heet gas. Turbulentie en schokgolven kunnen daarvan het gevolg zijn, waardoor het materiaal in de bundel – mogelijk bestaande uit relativistische deeltjes, magnetische velden, koel thermisch plasma; we weten het niet precies – botst met het intergalactische medium. In deze botsingsgebieden worden hoe dan ook relativistische elektronen geproduceerd en daardoor wordt veel radiostraling in de vorm van synchrotronstraling uitgezonden. Deze gebieden zouden overeenkomen met de hete plekken die we aan de buitenzijde van de dubbele lobben zien. Sommige elektronen weten uit de hete plekken te ontsnappen naar gebieden met een zwakker magneetveld. De straling van deze elektronen vormt de meer diffuse gedeelten van de grote lobben in de richting van het moederstelsel.
De synchrotronstraling voert energie af van de relativistische elektronen. Terwijl ze energie verliezen zijn de elektronen steeds minder in staat om synchrotronstraling op te wekken. Zonder voortdurende verversing van relativistische elektronen zouden de hete plekken maar een paar duizend jaar synchrotronstraling kunnen uitzenden. Men denkt echter dat de meeste hete plekken die waargenomen worden veel ouder zijn, en wel omdat zij op een afstand in de orde van 300 000 lichtjaar van het moederstelsel staan, zodat ze tenminste al 300 000 jaar van het stelsel afbewegen in het geval ze zelfs met de lichtsnelheid voortbewegen. (Vermoedelijk ligt de werkelijke snelheid veel lager en zijn de hete plekken dienovereenkomstig ouder.) Er wordt daarom ook aangenomen dat vers energetisch materiaal door de 'buizen' vanuit de centrale bronnen in de stelsels wordt geleid naar de hete plekken.
De heldere radiobronnen, met de klassieke dubbele structuur, hebben meestal weinig of geen synchrotronstraling opgewekt in de bundel zèlf, want daar wordt nauwelijks enige radiostraling waargenomen. Maar in de afgelopen jaren hebben gedetailleerde waarnemingen van minder heldere radiostelsels direct van de bundels zelf afkomstige straling onthuld.

Radiojets en optische jets

Terwijl de klassieke dubbelbronnen hun helderste stralingsgebieden, de hete plekken, aan de buitenzijden van de lobben hebben, is de helderheidsverdeling bij lichtsterkere radiostelsels vaak zodanig dat deze sterkte afneemt bij toenemende afstand van de centrale

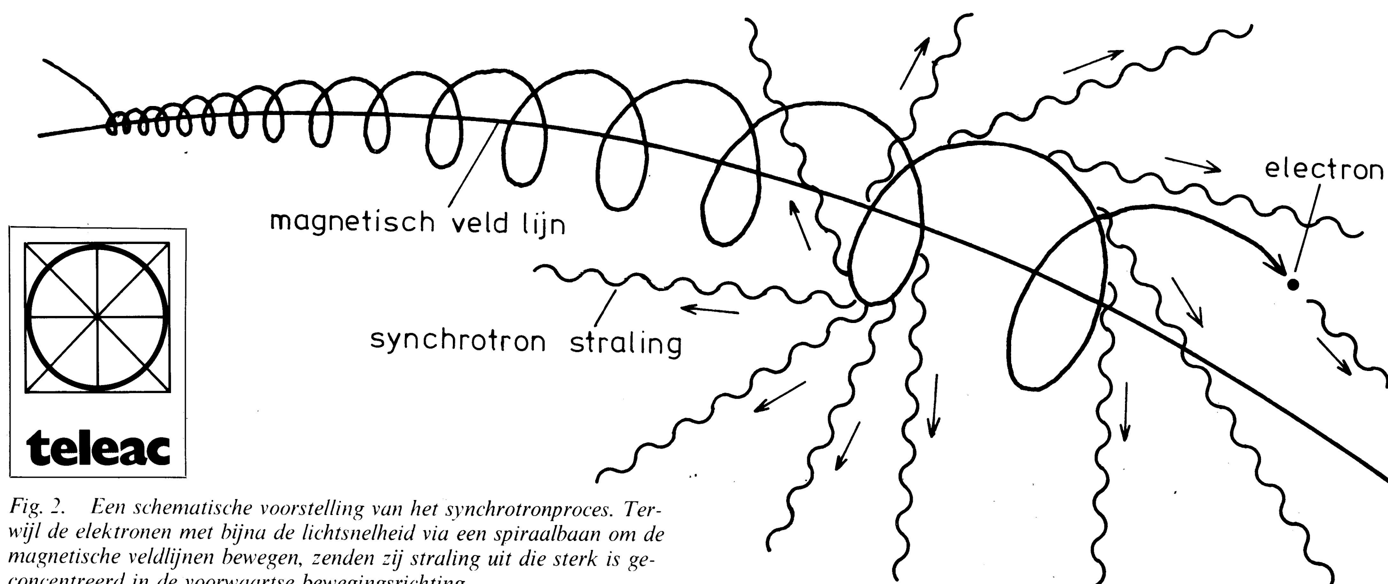
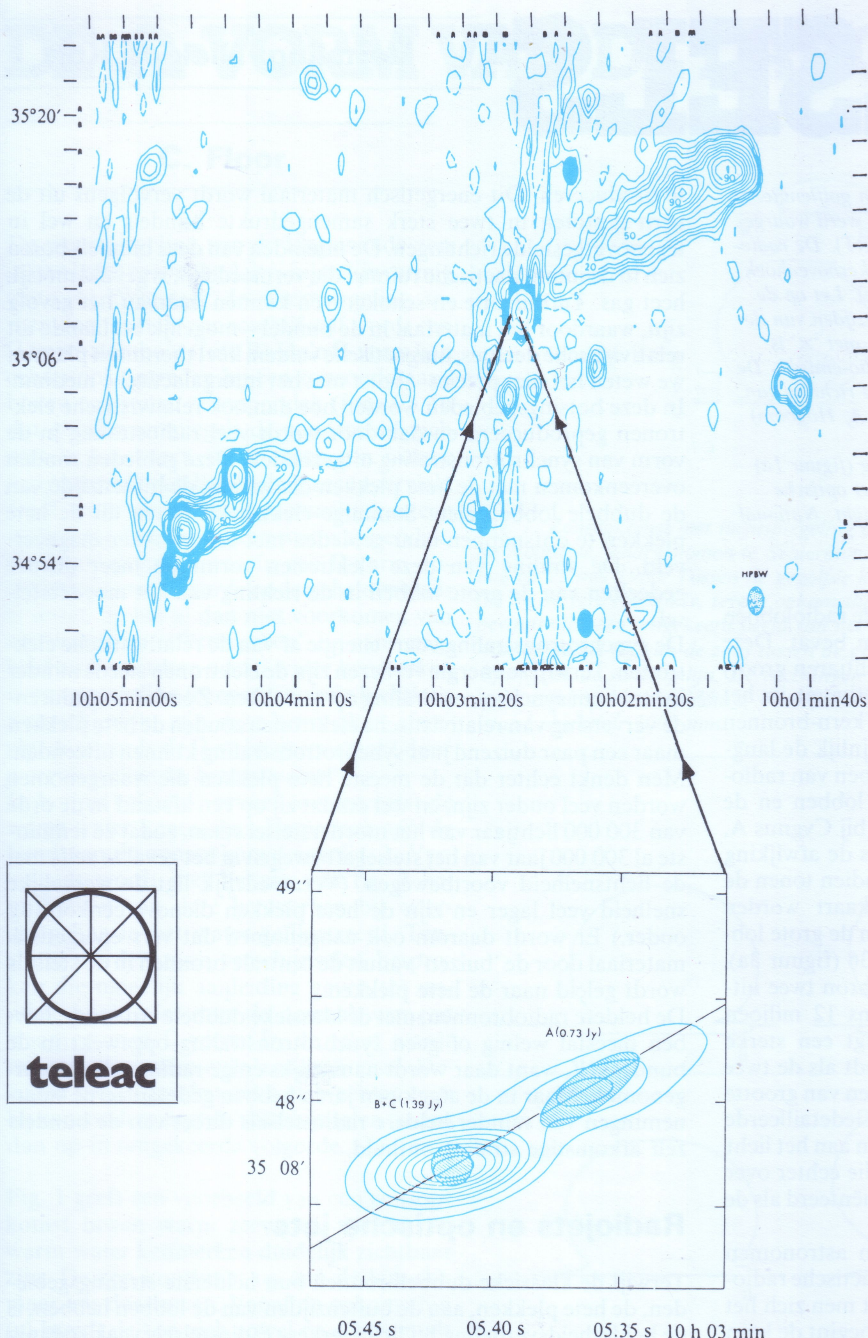


Fig. 2. Een schematische voorstelling van het synchrotronproces. Terwijl de elektronen met bijna de lichtsnelheid via een spiraalbaan om de magnetische veldlijnen bewegen, zenden zij straling uit die sterk is geconcentreerd in de voorwaartse bewegingsrichting.



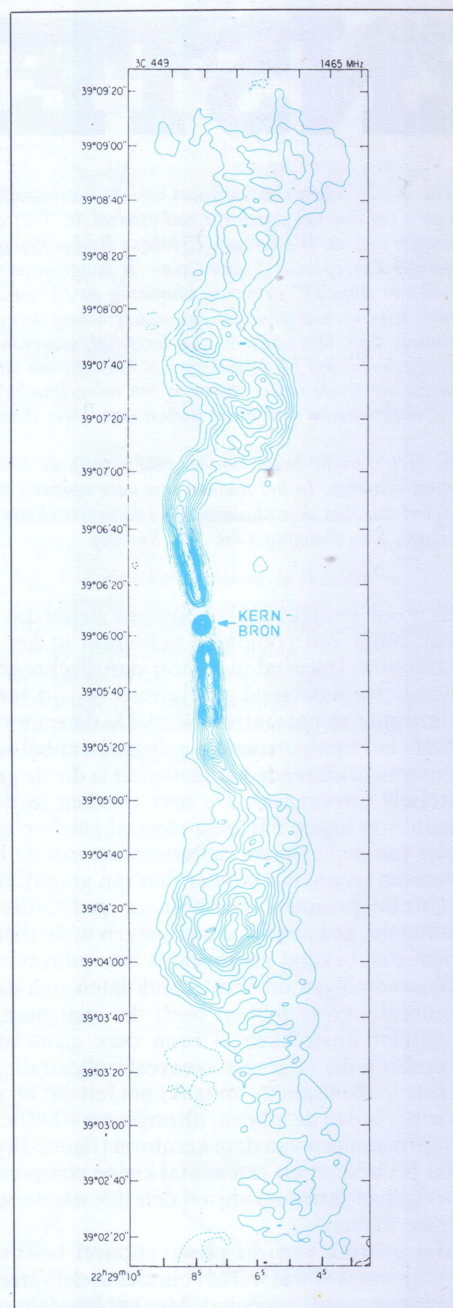


Fig. 3. a. Een contourkaart van het reuzen-radiostelsel 3C 236, zoals verkregen met de WSRT op een golflengte van 49 cm. De radiostraling van de twee grote lobben beslaat een totale lengte van tenminste 12 miljoen lichtjaar. De erg heldere compacte bron die tussen de twee lobben in ligt, komt in positie overeen met het ermee geassocieerde optische stelsel. (Copyright: MacMillan Journals Ltd.)

b. De structuur van de heldere centrale bron in 3C 236. Hij is opgelost in kleine componenten die op een lijn liggen, overeenkomend met de lijn die wordt bepaald door de oriëntatie van de grote, naar buiten gelegen, lobben. Maar deze kleine componenten zijn slechts over een afstand van 4000 lichtjaar verspreid. (Copyright: MacMillan Journals Ltd.)

Fig. 4. Een contourkaart van de radiostraling op een golflengte van 20 cm van de jet van het radiostelsel 3C 449, uit observaties met de Very Large Array (VLA). Het scheidend vermogen is 4 boogseconden. Let op 'gaten' (afname in radiohelderheid) tussen de centrale kernbron en de heldere radiojets die zich in noordelijke en zuidelijke richting uitstrekken vanaf de kernbron. (Copyright: Macmillan Journals Ltd.)

bron. Vaak verbinden zeer nauwe radiojets de centrale bron (de kern) direct met de diffuse lobben (figuur 4). Waarschijnlijk markeren deze jets de bundels of de weg waarlangs energie (of energetische relativistische deeltjes) voortdurend van de centrale actieve kern naar de lobben wordt getransporteerd. Tot dusver zijn er van slechts enkele stelsels met radiojets gedetailleerde kaarten gemaakt, maar er zijn al enkele dingen opgemerkt die karakteristiek zijn voor verscheidene jets. Zo zijn er in verscheidene jets, zoals die afgebeeld zijn in figuur 5, onderbrekingen van verminderde radiohelderheid gevonden, gewoonlijk enkele duizenden lichtjaren groot; zij liggen tussen de kernbron en het begin van de radio-emissie van de jet.

Het feit dat er sowieso een radiojet te *zien* is impliceert een inefficiënt energietransportmechanisme door de buis omdat de radiostraling energie uit de bundel wegvoert; de gaten kunnen het gevolg zijn van een meer efficiënt – en dus onzichtbaar – energietransport bij de kern. Buiten het gebied van de kern-'straalpijp' kunnen zich stootgolven vormen die er op de één of andere manier voor zorgen dat het bundel-transportmechanisme minder efficiënt wordt en daarom radiostraling produceert die kan worden waargenomen.

Van verscheidene actieve stelsels kennen we zowel radiojets als optische jets die op dezelfde plaats liggen. Een opvallend voorbeeld is het beroemde reuzen-elliptische stelsel M 87 in de Virgo-cluster. Men veronderstelt dat de optische straling in deze jets ook synchrotronstraling is, veroorzaakt door extreem energetische relativistische elektronen. Het bestaan van deze optische jets plaatst de

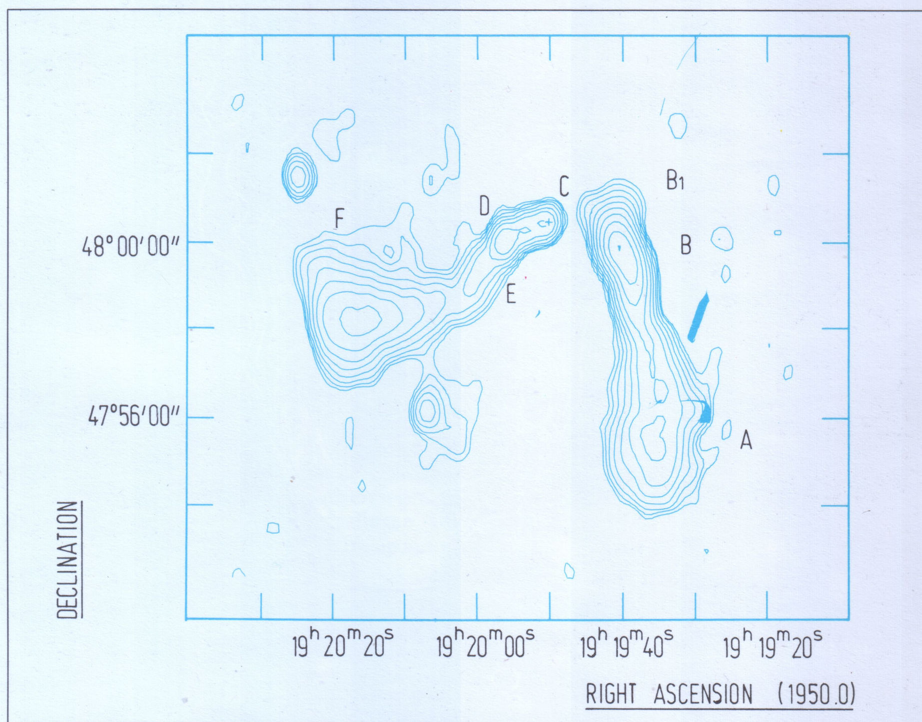
astronomen voor een ernstig probleem met betrekking tot het transport van relativistische deeltjes vanaf de centrale kernbron. Wanneer relativistische elektronen synchrotronstraling veroorzaken, voeren de fotonen energie af van deze elektronen. Er gebeuren twee dingen als de elektronen energie verliezen. Ten eerste wordt de synchrotronstraling op steeds langere golflengten uitgezonden en ten tweede neemt de intensiteit van de straling af. Nu heeft een optisch synchrotronstralings-foton veel meer energie dan een radio-foton. Het gevolg daarvan is dat relativistische elektronen die optische synchrotronstraling uitzenden sneller energie verliezen dan de elektronen die verantwoordelijk zijn voor de radiostraling. Door dit snelle energieverlies is een individueel elektron maar gedurende enkele tientallen jaren in staat om optische synchrotronstraling op te wekken. Maar de optische jets in radiostelsels, zoals bij 3C 31, zijn in het algemeen enkele honderden tot duizenden lichtjaren lang. Het kost relativistische elektronen, die bijna met de lichtsnelheid van de kern van het stelsel af reizen, minstens enkele honderden tot duizenden jaren om hun huidige positie te bereiken. Ze kunnen zeker niet over dat gehele tijdvak optische synchrotronstraling produceren. Daarom denkt men dat òf de elektronen van de kern af bewegen zonder energie te verliezen om later lokaal in de jet voor een korte tijd straling uit te zenden, òf dat de relativistische elektronen voortdurend versneld worden tot zeer hoge energieën over de lengte van de jet, door een nog niet begrepen proces. Aanvullend bewijs voor plaatselijke versnelling van deeltjes in de jets komt van waarnemingen die wijzen op het niet snel genoeg toenemen van de radiohelderheid van de jets wanneer ze breder worden bij toenemende afstand tot de kern. Men kan de theorie van synchrotronstraling gebruiken om te laten zien dat de radiohelderheid evenredig moet zijn met R^{-3}, waarbij R de plaatselijke straal van de jet is. Ten grondslag hieraan liggen de afname van de magnetische veldsterkte en van de energie der relativistische deeltjes. Maar we nemen bij de jets van 3C 31 waar dat de oppervlaktehelderheid slechts evenredig met R^{-1} afneemt. Dus moeten

Een bijzonder radiostelsel

A. G. de Bruyn

De nevenstaande figuur is een afbeelding van het object 4C47.51 in radiostraling met een golflengte van 21 cm. De contourlijnen geven de helderheidsverdeling weer van deze radiobron. Het stelsel is één van de helderste en grootste bronnen in de cluster Zwicky 1916.8+4855. (De aanduiding geeft de coördinaten van het clustercentrum aan.)

De radiobron wordt onderzocht door dr. Gordon Robertson van de Radiosterrenwacht in Dwingeloo. Zijn werk aan dit stelsel is gepubliceerd in Nature (ref. 1). De vorm van dit radiostelsel is nogal uitzonderlijk. Op het eerste gezicht lijkt het er op dat we te maken hebben met een zogenaamd wijdhoekig-staartstelsel (wide-angle-tail of WAT). Een WAT is een speciale vorm van een kop-staart-stelsel (KS-stelsel). Deze begrippen verdienen wat nadere aandacht.



KS-stelsels en WATs

Dubbele extragalactische radiobronnen zijn een bekende verschijning. Het prototype is Cygnus A. De twee radiolobben worden veroorzaakt door het uitstoten van snelle elektrisch geladen deeltjes (elektronen en protonen) in twee tegenovergestelde richtingen. Het moederstelsel bevindt zich halverwege de twee radiocomponenten. Een minder vaak voorkomend type is het kop-staart-stelsel, voor het eerst ontdekt in het begin van de jaren zeventig. Hier bevindt het moederstelsel zich in een cluster, waar het met grote snelheid (ca. 1000 km/s) doorheen ijlt. De tegendruk van het ijle intergalactische gas doet de radiolobben bij het moederstelsel achterblijven. Daardoor ontstaat een dubele staart, terwijl het moederstelsel zich in de heldere kop van de radiobron bevindt. Een mooi voorbeeld van zo'n KS-stelsel, en misschien wel het meest bestudeerde, is de radiobron 3C83.1A, die geassocieerd is met het sterrenstelsel NGC 1265 in de Perseus-cluster. Zeer uitvoerige informatie over onderzoek aan KS-stelsels is o.a. te vinden in ref. 2. Bij KS-stelsels is de hoek tussen de staarten kleiner dan 45°. Is deze hoek groter, dan spreken we van een WAT (wijdhoekig-staart-stelsel).

De structuur van 4C47.51

De gecompliceerde vorm van 4C47.51 maakt het minder aannemelijk dat we hier met een gewoon WAT te maken hebben. Gedeeltelijk is de structuur wellicht te verklaren door projectie-effecten: vanuit een andere richting bezien zou de vorm anders zijn. Het moederstelsel (bij het +teken in component C) staat echter op een afstand van 400 Mpc, en de beide staarten zijn dus al minimaal 700 kpc lang! Als er projectie in het spel is zou de radiobron nog veel groter zijn dan deze waarde, die al uitzonderlijk is. Er zou aangenomen kunnen worden dat het hier gaat om twee KS-stelsels in plaats van één WAT. In component B_1BA is echter geen geschikt moederstelsel te vinden. Daar komt nog bij dat de twee helften vrij veel gelijkenissen vertonen. Waarnemingen met een groter oplossend vermogen hebben een nauwe 'jet' aangetoond die vanuit de kern van het moederstelsel in de richting van component DEF wijst. In de richting van B_1BA is zo'n jet niet gevonden. Zulke eenzijdige jets komen vaak voor in radiobronnen, maar slechts zelden in WATs of KS-stelsels. Dit maakt de bron nog uitzonderlijker. Ook opvallend is de structuur van component F. Het lijkt alsof de bron voorbij E plotseling uitwaaiert. Bij component A is misschien iets soortgelijks te zien.

Dr. Robertson bewerkt momenteel Westerbork-waarnemingen van 4C47.51 op golflengten van 6 cm en 49 cm. Waarschijnlijk zullen deze leiden tot een dieper inzicht in de vorming van dit stelsel in het bijzonder en van KS-stelsels in het algemeen.

Literatuur

1. Robertson, J. G., 1980, Nature *286*, 579.
2. Valentijn, E. A., 1978, Proefschrift, Sterrewacht R.U. Leiden

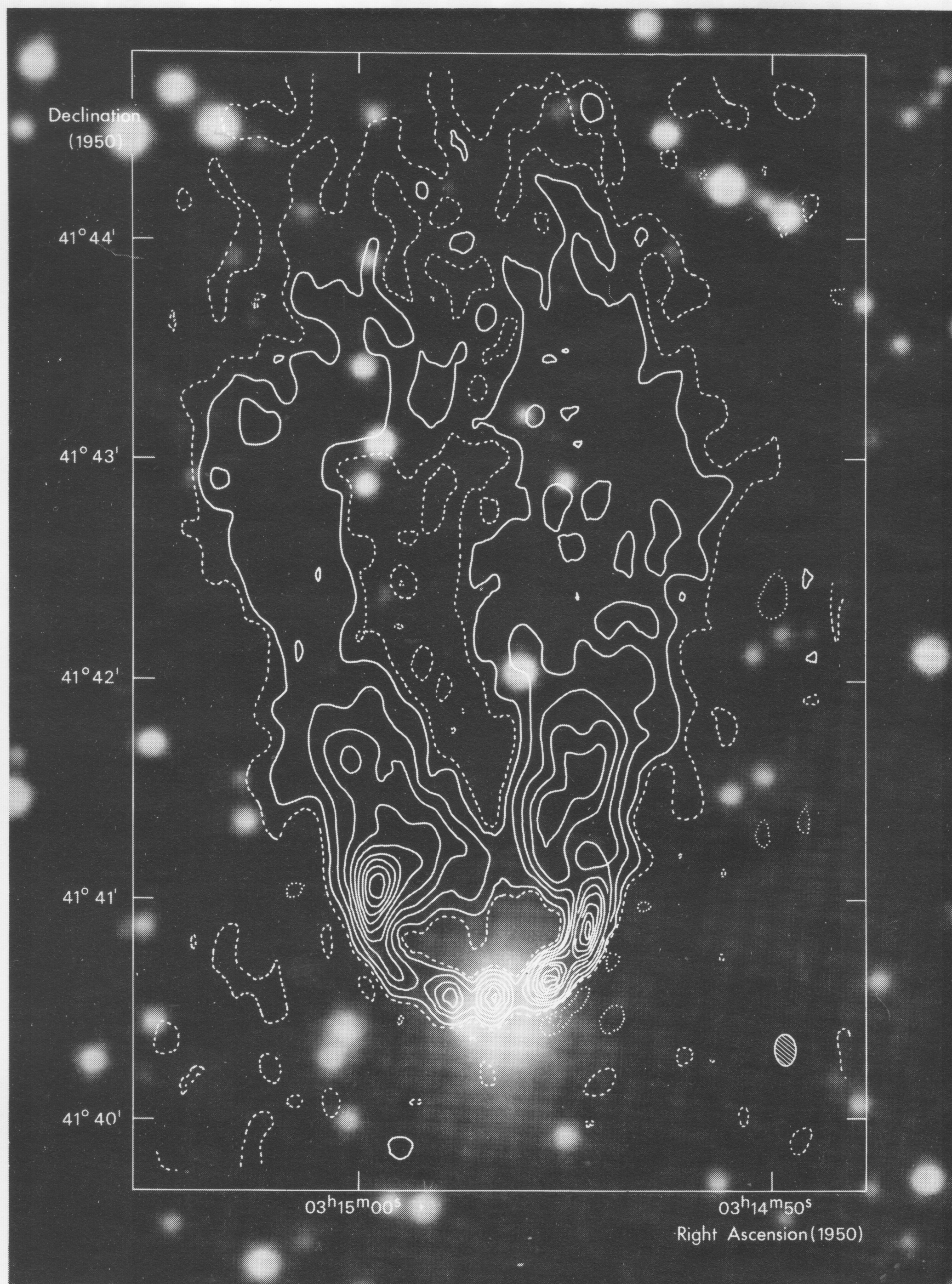


Fig. 5. Een Westerbork contourkaart van radiostraling met een golflengte van 6 cm, afkomstig van het kop-staart-stelsel NGC 1265, geprojecteerd op een optische foto van het stelsel. Merk op hoe de radiostraling uit het sterrenstelsel komt in twee tegenovergestelde richtingen, maar zodanig wordt afgebogen dat de meeste straling een staart vormt achter het optische stelsel. (Copyright: MacMillan Journals Ltd.)

de deeltjes die verantwoordelijk zijn voor de radiostraling wel opnieuw versneld worden of de magnetische veldsterkte wordt vergroot op een nog onbekende wijze. Astronomen vinden het belangrijk om doorslaggevende bewijzen te verkrijgen voor dit herversnellingsproces in jets, temeer daar andere waarnemingen er op duiden dat iets soortgelijks moet plaatsvinden in de grote lobben van de klassieke dubbele radiostelsels.

Kop-staart-stelsels

Tot nu toe hebben we radiostelsels besproken waarvan de gebieden die radiostraling uitzenden symmetrisch gelegen zijn aan weerszijden van het optische moederstelsel. Maar er bestaat een type radiostelsel dat veel overeenkomst vertoont met de jet-bronnen, en waarvan het radio-uiterlijk erg verschilt van de symmetrische structuren uit het voorgaande. Het zijn de kop-staart-stelsels. Kop-staart-stelsels hebben gewoonlijk een actieve kernbron, zoals bij de eerder beschreven radiostelsels, maar de grote lobben zijn verbogen en vervormd tot een staart die zich uitstrekt tot ver achter het optische stelsel (figuur 5). De jets verbinden vaak de kernbron met de grote lobben, maar in tegenstelling tot de rechtlijnige jets in bronnen als 3C 449 (figuur 4), zijn ze nu afgebogen voordat ze in de grote lobben opgaan. Waarschijnlijk wordt het verbogen en verstrooide uiterlijk van de kop-staart-stelsels veroorzaakt door een beweging van het moederstelsel door een dicht intergalactisch medium dat het geheel omgeeft. De druk van dit medium dwingt de jets en de diffuse lobben tot afbuiging, waardoor ze achter het optische moederstelsel worden geveegd.

Er wordt nu algemeen door de astronomen aangenomen dat radiobronnen in rijke clusters van sterrenstelsels – waar men de hoogste dichtheden van het intergalactisch medium verwacht – completere structuren bezitten dan die buiten de rijke clusters. Men zou dan echter verwachten dat radiobronnen binnen clusters kleinere afmetingen hebben dan die buiten de clusters, omdat het (veronderstelde) dichtere intergalactische medium beter moet kunnen verhinderen dat de grote lobben zich tot grote afstanden van het optische moederstelsel uitbreiden. Hoewel er verscheidene onderzoeken werden gedaan om te bezien of dit effect inderdaad optreedt, zijn er nog geen definitieve conclusies te trekken.

BOEKBESPREKING

Isaac Asimov, *A Choice of Catastrophes*, Hutchinson, London (1979), 365 blz. zonder illustraties, ISBN 0 09 141240 4, prijs *f* 37,80 (geïmporteerd door Keesing Boeken BV, Amsterdam).

Het woord 'catastrophe' is afkomstig uit het Grieks en betekende oorspronkelijke 'het onderste boven keren'. Het werd gebruikt om de ontknoping of het hoogtepunt van een dramatische voorstelling aan te geven en kon zowel gelukkig als ongelukkig van aard zijn. Later werd het steeds meer met een tragische afloop in verband gebracht en tegenwoordig wordt het woord alleen gebruikt om een rampzalige gebeurtenis op grote schaal aan te geven.
In dit boek gaat het ook om zoiets en wel om het mogelijke einde van de mensheid, een einde dat zowel heel geleidelijk als van het ene moment op het andere zou kunnen komen. Asimov deelt de gebeurtenissen die dit zouden *kunnen* veroorzaken in vijf klassen in. De eerste heeft betrekking op het 'einde' van het heelal als geheel en op sterrenstelsels. In de tweede wordt het einde van de zon beschreven, terwijl de derde categorie betrekking heeft op de aarde zelf: botsing met andere objecten, aardbevingen, klimaatsveranderingen. Bij de vierde soort catastrofen krijgen we te maken met de strijd om het leven op aarde, zowel wat betreft de lagere als de hogere organismen. Tot de vijfde categorie rekent Asimov het opraken van grondstoffen en energie en problemen als overbevolking en ongebreidelde voortgang van de technologie.
De beschreven ontwikkelingen en gebeurtenissen worden in feite dus steeds minder kosmisch, gebeuren steeds dichter bij huis, maar krijgen daardoor een steeds directer en gevaarlijker karakter. Toch is Asimov's boek met al deze aflopende zaken beslist geen 'Doomsday Book'. Het is min of meer een algemene inleiding in de sterrenkunde, beschreven van het grote naar het kleine (het heelal, resp. de mens), en waarbij het thema steeds de vraag is: hoe ontwikkelt dit alles zich, hoe zal het eindigen en hoe zullen wij dit op aarde ondergaan? En de heldere en boeiende schrijftrant van Asimov maken dat ook dit boek weer voor een breed lezerspubliek geschikt is.

G. W. E. Beekman

G. P. Können *Gepolariseerd licht in de natuur* (ISBN 90 03 95930 7), W. J. Thieme & Cie, Zutphen (1980) 152 pagina's, 90 kleurenplaten en 73 figuren, formaat 18 × 25 cm, gebonden, prijs *f* 49,50.

Dit fraai geïllustreerde en op zwaar papier gedrukte boek geeft in 90 korte paragrafen een duidelijke beschrijving van alle gepolariseerde lichtverschijnselen die in de natuur kunnen worden waargenomen, terwijl er zelfs een polaroïdfilter van 5 × 5 cm² wordt bijgeleverd om de waarnemingen te vergemakkelijken. In de eerste 25 bladzijden (deel I) wordt verteld wat gepolariseerd licht is en hoe het kan worden waargenomen. In het tweede deel (bijna 90 pagina's) worden de in de natuur waar te nemen verschijnselen – van regenboog tot Krabnevel – uitvoerig beschreven en verklaard, waarna in de laatste 30 bladzijden (deel III) het ontstaan van gepolariseerd licht wordt behandeld.
Kenmerkend voor de wijze waarop de schrijver zijn stof presenteert is het vermijden van vrijwel iedere mathematische formulering der polarisatieverschijnselen, ook in het laatste deel. Zulks heeft enerzijds het voordeel dat de fysisch minder geschoolde lezer niet direct wordt afgeschrikt, maar anderzijds het bezwaar dat de fysische achtergronden met veel woorden moeten worden omschreven, waar een kort stukje simpele wiskunde tot een beter begrip zou leiden. Dat geldt met name voor de kleurpatronen bij mineralen, maar de schrijver merkt terecht zelf op dat een precieze verklaring van deze effecten ingewikkeld is en buiten het kader van zijn boek valt. Maar ook alleen al het beschouwen van de fraaie kleurpatronen bij kristallen in gepolariseerd licht geeft de waarnemer plezier en voldoening, en het is juist datgene wat de schrijver met zijn boek wil bereiken.
In het tweede deel komen bijv. aan de orde: de blauwe lucht en de wolken, regenbogen, halo's en glories, spiegelingen zowel in het landschap als op autoruiten, Poollicht, vuurvliegjes, de circulair gepolariseerde glans op kevers en de oriëntatie van insecten op het gepolariseerde hemellicht, kortom een overvloed van objecten voor waarneming en steeds slaagt de schrijver erin met vermelding van allerlei interessante details een duidelijke en levendige beschrijving te geven van wat de geoefende waarnemer om zich heen kan zien.
Uw recensent, die tientallen jaren de polarisatieverschijnselen bij kristallen voor studenten in de geologie doceerde, heeft het boek met onverdeeld genoegen doorgewerkt en er vele effecten in gevonden die hij tot nu toe had verzuimd waar te nemen, zoals bijv. de verbluffende polarisatie van de regenboog! Het deed hem verder veel deugd, dat de heer Können direct afrekent met het zelfs onder fysici bestaande geloof dat ons oog niet in staat zou zijn de polarisatie van het licht zonder verdere hulpmiddelen te constateren, ofschoon zulks reeds in 1844 (!) door Haidinger werd aangetoond. Het kunnen zien van deze 'Haidinger Büschel' is een aardige test voor iemands waarnemingsvermogen.
Het boek van Dr. Können kan warm worden aanbevolen voor ieder die vreugde beleeft aan natuurverschijnselen; het kan worden beschouwd als een zeer goede en welkome aanvulling op de bekende boeken van Minnaert over de natuurkunde van het vrije veld en is door de fraaie en degelijke uitvoering en zijn werkelijk rijke inhoud de prijs wel waard.

W. G. Perdok

Zeer nabije planetaire nevel ontdekt

Tegenwoordig zijn ongeveer 1500 planetaire nevels bekend: gasringen die door een ster in een laat evolutiestadium worden uitgestoten. Slechts een veertigtal bevindt zich op afstanden kleiner dan 3000 lichtjaar van ons vandaan, zodat het onwaarschijnlijk is dat er binnen deze afstand nog een planetaire nevel wordt ontdekt. Toch is dit onlangs gebeurd en wel door A. Purgathofer en R. Weinberger van resp. de universiteit van Wenen en van Innsbruck. Zij deden hun ontdekking tijdens een onderzoek naar vlamsterren op fotografische platen van de bekende Palomar Sky Survey atlas. De totale helderheid van de nevel bedraagt magnitude 9 in het rood en magnitude 11 in het blauw, maar doordat de schijnbare diameter zo groot is (20 boogseconden), is de oppervlaktehelderheid zeer gering: vele sterren en zelfs ver verwijderde sterrenstelsels zijn door de nevel heen zichtbaar. Vandaar dat de ontdekking zo lang op zich heeft laten wachten.

De nevel staat in het sterrenbeeld Lynx, op een afstand van slechts 450 lichtjaar van ons vandaan. Dit betekent dat hij met de Helix-nevel (in Aquarius), die op dezelfde afstand van ons vandaan staat, tot de twee meest nabije planetaire nevels behoort. De werkelijke diameter van de nevel bedraagt circa 2,6 lichtjaar, welke waarde slechts door die van de Helix-nevel wordt overtroffen. In het centrum van de nevel bevindt zich een dubbelster, bestaande uit een rode en een blauwe component op 5 boogseconden van elkaar. De blauwe component zou een witte dwerg zijn en deze wordt dan ook als de werkelijke centrale ster van de nevel beschouwd. Of de rode component een werkelijke begeleider is kan nu nog niet worden uitgemaakt.

(GB/Astron. Astroph. 87, L5, 1980)

Nieuwe manen van Jupiter

Stephen P. Synnott, een van de onderzoekers die verbonden is aan het Voyager-project, heeft opnieuw een maantje van Jupiter ontdekt. Hij deed zijn vondst tijdens het bestuderen van foto's die gemaakt werden tijdens de vlucht van de Voyager 1 langs Jupiter in maart 1979. De nieuwe satelliet heeft een diameter van ongeveer 40 km en beschrijft in 7 uur en 4 minuten zijn baan om de planeet; hij bevindt zich op ruim 56 000 km boven het wolkendek van Jupiter (0,2 maal de straal).
De satelliet is voorlopig 1979 J3 genoemd, wat betekent dat het de derde ontdekking op foto's uit 1979 betreft. In maart 1980 ontdekte Synnott ook een satelliet (1979 J2), die een diameter van ongeveer 75 km heeft en in 16 uur en 16 minuten op 151 000 km boven het wolkendek van Jupiter rondcirkelt. Zijn eerste satelliet (1979 J1) ontdekte Synnott in oktober 1979. Dit object heeft een diameter van ongeveer 35 km en zou in 7 uur en 8 minuten op een hoogte van ruim 57 000 km om de reuzenplaneet bewegen (vlak bij de binnenrand van Jupiters ring). Een tweede, bevestigende waarneming van deze satelliet ontbreekt echter nog. Het zoeken gaat door!

(GB/NASA persberichten)

DE Ω-VORM VAN DE

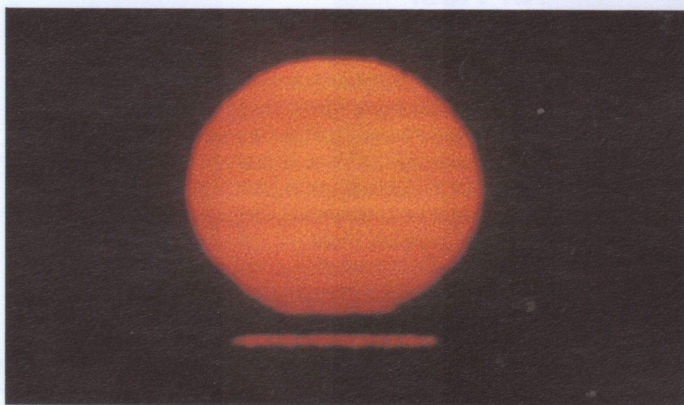


Het ondergaan of opkomen van de zon is altijd een boeiend natuurverschijnsel. Algemeen bekend zijn de verroding van de laagstaande zon en het feit dat hij sterk lijkt te zijn afgeplat: beide een gevolg van de invloed van de atmosfeer. Wanneer men zo'n laagstaande zon nauwkeurig waarneemt (bijvoorbeeld fotografisch met behulp van een telelens), dan zal men zien dat de zon soms ook op een grillige manier is vervormd. Eén zo'n vorm, die van de Griekse letter omega, wordt in dit artikel van C. Floor besproken.

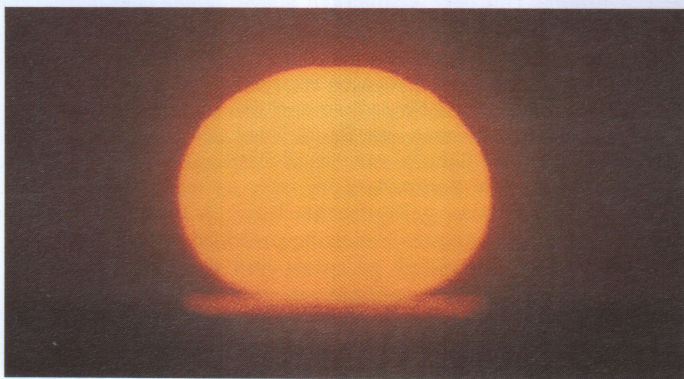
LAAGSTAANDE ZON



C. Zonsondergang boven de Noordzee, waargenomen op 3 september 1976 te Camperduin (N.H.). Het zeewater is warmer dan de lucht erboven. De golven in de verte lijken boven de kim uit te komen. Kleinbeeldopname; brandpunt-afstand objektief: 1250 mm.



A. Zonsondergang boven het IJsselmeer, waargenomen te Ferwoude (Friesland) op 7 juli 1976. De weerspiegeling van de laagstaande zon in het water van het IJsselmeer is lijnvormig. De zon verdwijnt achter de Afsluitdijk, die zonneschijf en weerspiegeling scheidt. Kleinbeeldopname; brandpunt-afstand objektief: 400 mm.



B. Zonsopkomst boven de Waddenzee, waargenomen op 29 maart 1977 te Schiermonnikoog. De Ω-vorm wordt veroorzaakt door weerspiegeling van de zonneschijf in het wateroppervlak.

E. Zonsopkomst boven de Waddenzee, waargenomen te Schiermonnikoog op 30 maart 1977. De Ω-vorm van de zon wordt veroorzaakt door weerspiegeling in het zeeoppervlak, hoewel de weerspiegeling van de zon zich boven de kim lijkt te bevinden (zie ook fig. 5). Klein- beeldopname; brandpunt-afstand objektief: 1250 mm (foto H. Greven, H. Groen en L. de Groot).



◄ *D. Zonsopkomst boven de Noordzee, waargenomen op 22 mei 1980 te Schiermonnikoog. De Ω-vorm van de opkomende zon wordt veroorzaakt doordat het zeewater warmer is dan de lucht erboven. De kimlijn is gegolfd. Aan de bovenzijde van de zon is een afsnoering zichtbaar. Linksonder op de zonneschijf bevinden zich zonnevlekken. Kleinbeeldopname; brandpunt-afstand objektief: 2000 mm.*

DE Ω-VORM VAN DE LAAGSTAANDE ZON

C. Floor

De weerspiegeling van de laagstaande zon in een kalm zeeoppervlak is bijna lijnvormig (foto A). Wanneer de weerspiegeling samenvloeit met de zonneschijf zelf wordt een Ω-vorm zichtbaar (foto B). Zo'n Ω-vorm kan echter ook optreden bij een zonsondergang boven een warm zeeoppervlak (foto C). In dat geval weerspiegelt de zonneschijf zich niet in het water, maar tegen een warme luchtlaag, direkt boven het zeeoppervlak. De Ω-vorm wordt dan veroorzaakt door een luchtspiegeling boven een warm oppervlak. De beide gevallen waarin een Ω-vorm optreedt zijn van elkaar te onderscheiden door te letten op het al dan niet voorkomen van z.g. 'warm-water kenmerken'. Bij aanwezigheid van meerdere warm-water kenmerken is weerspiegeling tegen een warme luchtlaag waarschijnlijk; zijn deze kenmerken afwezig, dan wordt de Ω-vorm veroorzaakt door weerspiegeling in het zeewater.
In het nu volgende artikel worden eerst de warm-water kenmerken besproken aan de hand van de zonsopkomst van fig. 1. Vervolgens wordt met behulp van fig. 3 het ontbreken van deze kenmerken bij weerspiegeling in het water geïllustreerd. Tenslotte worden twee verschijnselen besproken die mogelijk aanleiding geven tot onjuiste konklusies over de oorzaak van een waargenomen Ω-vorm. In de tekst wordt meestal gesproken over 'zonsopkomst'. Dezelfde verschijnselen doen zich echter voor bij zonsondergang; de verschijnselen treden dan op in omgekeerde volgorde.

Fig. 1 geeft een voorbeeld van een zonsopkomst boven warm zeewater, waarbij de warm-water kenmerken duidelijk zichtbaar zijn. De zon komt niet op aan de kim (k), maar iets daarboven. Vanaf de opkomstlijn (v) breidt de zon zich zowel naar boven als naar beneden (naar de kim toe) uit (fig. 1 ab). Het eerste segment dat zichtbaar is vertoont afgeronde hoeken (fig. 1 abc). Wanneer de zon voor iets meer dan de helft boven de opkomstlijn is gekomen, is het middendeel van de zonneschijf langgerekter dan normaal (fig. 1 d). Even later verschijnen er deuken in het onderste gedeelte van de zonneschijf, die de karakteristieke Ω-vorm veroorzaken (fig. 1 ef, foto C, D). Wanneer de onderrand van de zon de opkomstlijn v is gepasseerd zakt de voet van de Ω terug naar de kim (fig. 1 g), waar hij even later verdwijnt. Deze verschijnselen bij de opkomende zon kunnen we, evenals andere luchtspiegelingen boven warme oppervlakken, beschrijven met een verdwijnlijn v en een grenslijn g. De verdwijnlijn is tevens de opkomstlijn; het deel van de hemel (of van de zon) dat onder de verdwijnlijn ligt kunnen we niet zien. In fig. 1 abc loopt de verdwijnlijn door het breedste deel van het eerste segment dat van de opkomende zon zichtbaar is; in fig. 1 ef door het smalste deel van de Ω en in fig. 1 g ongeveer midden

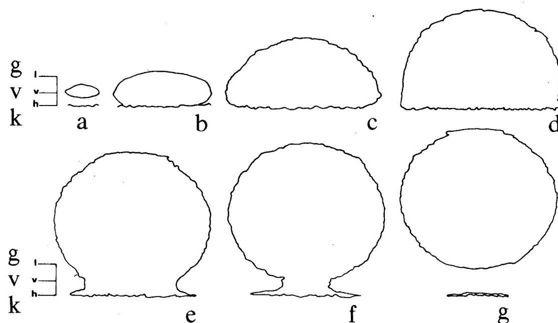


Fig. 1. Zonsopkomst met luchtspiegeling boven de Noordzee, waargenomen te Schiermonnikoog op 22 mei 1980. Tussen de gegolfde kim (k) en de verdwijnlijn (v, tevens opkomstlijn) bevindt zich een omgekeerd beeld van het deel van de hemel (of van de zon) tussen de grenslijn (g) en de verdwijnlijn. De tekeningen zijn gebaseerd op kleinbeelddia's; brandpunt-afstand objektief: 2000 mm.

Fig. 3. Zonsopkomst boven de Waddenzee, waargenomen te Schiermonnikoog op 29 maart 1977. Wanneer de weerspiegeling samenvloeit met de zonneschijf op de manier van a) is een Ω-vorm zichtbaar. De weerspiegeling bevindt zich onder een strakke kimlijn. De tekeningen zijn gebaseerd op kleinbeelddia's; brandpunt-afstand objektief: 400 mm.

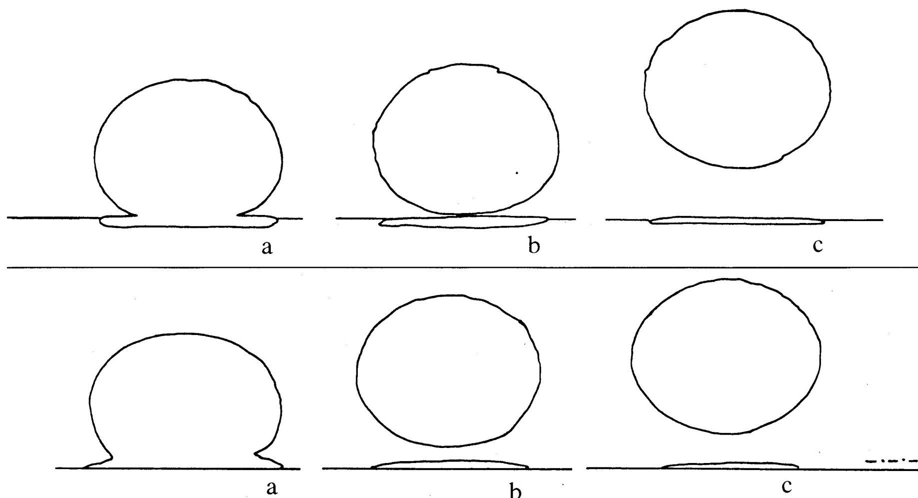


Fig. 2. Bepaling van de hoogte van de grenslijn bij de zonsopgang met luchtspiegeling van foto D. We gaan ervan uit dat het spiegelbeeld op de kim van een punt aan de rand van de zonneschijf op dezelfde vertikale lijn ligt als het punt zelf. De bepaling wordt bemoeilijkt doordat de kim niet rechtlijnig is, maar gegolfd.

Fig. 5. Zonsopkomst boven de Waddenzee, waargenomen te Schiermonnikoog op 30 maart 1977. De Ω-vorm van de zon, die in b zichtbaar is, wordt veroorzaakt door een weerspiegeling in het wateroppervlak. De weerspiegeling lijkt zich te bevinden boven de kim (zie ook foto E). Op de kleinbeelddia's, waarop de tekeningen zijn gebaseerd, is de werkelijke kim zeer vaag zichtbaar ter hoogte van de stippellijn. Brandpunt-afstand objektief: 400 mm.

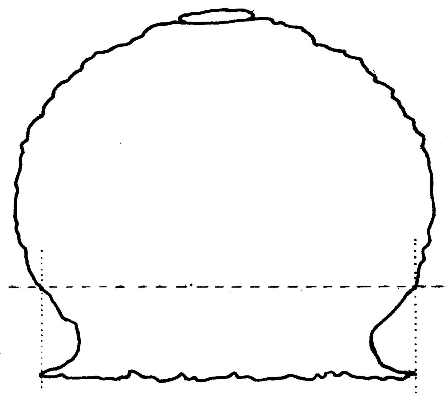
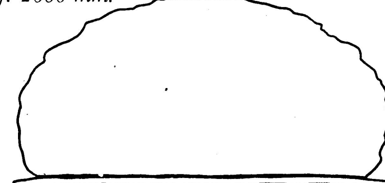


Fig. 4. Zonsondergang boven de Noordzee met weerspiegeling in het wateroppervlak en met blinde strook, waargenomen op 19 mei 1980 te Schiermonnikoog. De tekening is gebaseerd op een kleinbeelddia; brandpunt-afstand objektief: 2000 mm.



tussen de onderrand van de zon en de weerspiegeling. Tussen de verdwijnlijn v en de kim k zien we een gespiegeld beeld van de strook van de hemel (en van de zon) tussen de verdwijnlijn en de daarboven gelegen grenslijn (g). De grenslijn verbindt de punten die nog net weerspiegeld worden aan de kim; de afstand van de grenslijn tot de kim is ongeveer het dubbele van de afstand tussen de verdwijnlijn en de kim. De hoogte van de grenslijn is te bepalen op de manier van fig. 2.
Het optreden van de weerspiegelingen verklaart de verschijnselen die bij een zonsopkomst boven warm water vlak boven de kim optreden. Tevens is nu in te zien dat de weerspiegeling zich altijd boven de kim bevindt. Naast de weerspiegeling van de zon zien we namelijk steeds de weerspiegeling van de hemel naast de zon; deze weerspiegeling is niet van de hemel zelf te onderscheiden.
De afbeeldingen van de zonsopkomst van fig. 1 bevatten nog een aanwijzing dat het zeewater warmer is dan de lucht erboven (evenals foto's C en D). De golven in de verte lijken namelijk boven de kim uit te komen, zodat een gegolfde kimlijn zichtbaar is. Dit verschijnsel is boven warm water regelmatig waar te nemen. De Ω-vorm van de zon kan worden toegeschreven aan een weerspiegeling tegen een warme luchtlaag (luchtspiegeling) als tijdens de zonsopkomst, tevens een of meer van de andere warm-water kenmerken is waargenomen.

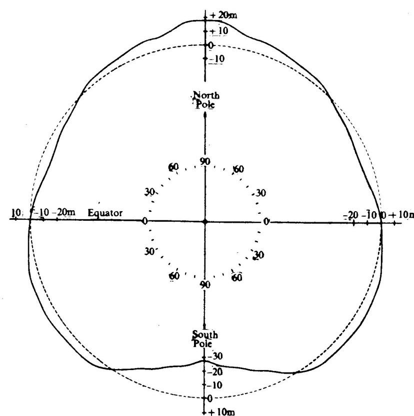
Weerspiegeling in water

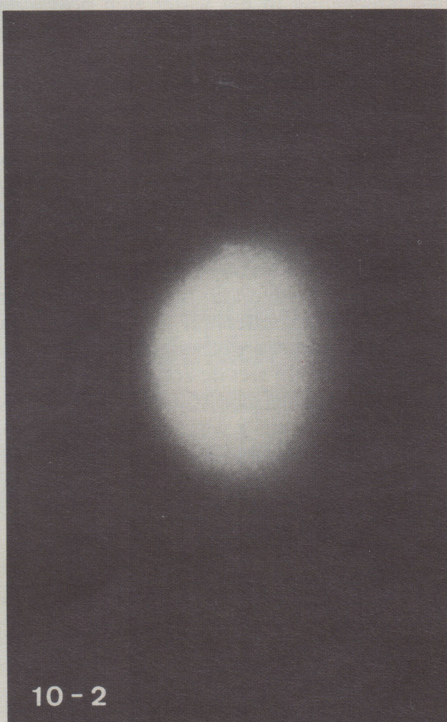
Fig. 3 geeft een voorbeeld van een zonsopkomst waarbij de Ω-vorm veroorzaakt wordt door weerspiegeling in water. De kim is een strakgetrokken lijn. De opkomende zon verschijnt aan de kim; de afgeronde hoeken van het eerste segment ontbreken (niet afgebeeld). De weerspiegeling van de zonneschijf bevindt zich steeds op dezelfde plaats onder de kim; hij zakt niet terug naar de kim om daar te verdwijnen, zoals in het geval van de luchtspiegeling boven warm water. Daardoor is het in fig. 3 ook niet mogelijk een verdwijnlijn aan te geven op konstante hoogte, zoals in fig. 1. Denken we een 'verdwijnlijn' ongeveer midden tussen de onderrand van de zon en de bovenrand van de weerspiegeling, dan ligt de aldus gevonden lijn in fig. 3 c veel hoger dan in fig. 3 a en b. Een dergelijk gedrag van de verdwijnlijn is bij een luchtspiegeling zeer onwaarschijnlijk.
Bij een komplete meetreeks van foto's die onder gunstige omstandigheden is gemaakt (zoals bijvoorbeeld die van fig. 1), is de oorzaak van de Ω-vorm met behulp van de bovenbeschreven kenmerken gemakkelijk te bepalen. Vaak is een meetreeks veel minder volledig, bijvoorbeeld omdat de omstandigheden om te fotograferen te wensen overlieten of omdat we bij waarneming met een kijker onze aandacht op andere verschijnselen op de zonneschijf hadden gericht. In dergelijke gevallen is het toch vaak mogelijk uit het bovenstaande af te leiden of we een weerspiegeling in het water dan wel een luchtspiegeling zien. Twee verschijnselen vragen dan echter nog de aandacht, omdat ze mogelijk aanleiding kunnen geven tot onjuiste konklusies over de oorzaak van de Ω-vorm.
1. Bij een zonsopkomst boven warm water ligt de opkomstlijn (v in fig. 1) op enige afstand boven de kim. Datzelfde verschijnsel treedt ook op als er zich op enige hoogte boven het zeeoppervlak een inversie bevindt, die een z.g. blinde strook veroorzaakt. In zo'n geval loopt de opkomstlijn langs de bovenzijde van de blinde strook. Daardoor ligt de opkomstlijn dan boven de kim, zonder dat er van een warm oppervlak sprake is. Een eventueel optredende kombinatie van blinde strook en weerspiegeling in water (zoals bij de zonsondergang van fig. 4), kan dan onjuist geïnterpreteerd worden.
2. Gewoonlijk bevindt een weerspiegeling in een wateroppervlak zich op het water, dus onder de kim; in fig. 3 en op foto A is dat duidelijk te zien. De weerspiegeling tegen een warme luchtlaag daarentegen bevindt zich steeds boven de kim, net als in fig. 1 en op foto's C en D. Soms echter lijkt het of de weerspiegeling in het water zich boven de kim bevindt, zodat verwarring kan ontstaan over de oorzaak van de Ω-vorm. Dat was bijvoorbeeld het geval tijdens de zonsopkomst van fig. 5 en foto E. De lichtsterkte van de zonneschijf week weinig af van de lichtsterkte van het omringende deel van de hemel. Daardoor zijn ook de reflekties van de zon en van de hemel om de zon heen ongeveer even lichtsterk. In dat geval kan de weerspiegeling van de hemel haast niet worden onderscheiden van de hemel zelf. Een waarnemer veronderstelt de kim dan ten onrechte ònder de weerspiegeling in plaats van erboven. Hij ziet de zon èn weerspiegeling van de zonneschijf boven deze (onechte) kim. Op de dia's waarop fig. 5 is gebaseerd, is de echte kim inderdaad zeer vaag te zien op de door de stippellijn aangegeven hoogte, dus langs de bovenzijde van de weerspiegeling in het water.

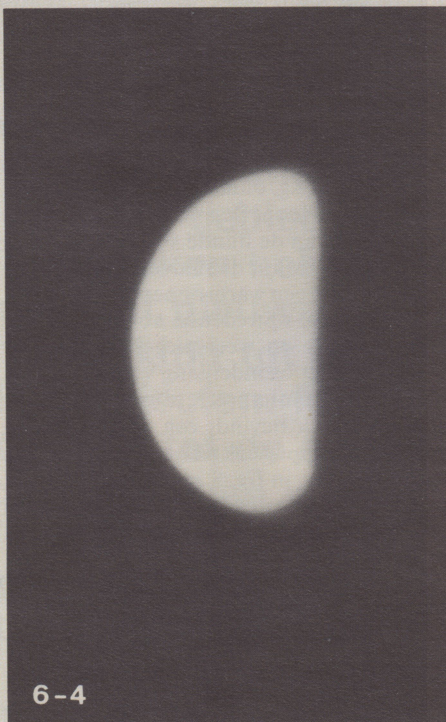
Peervorm Aarde nauwkeuriger bepaald

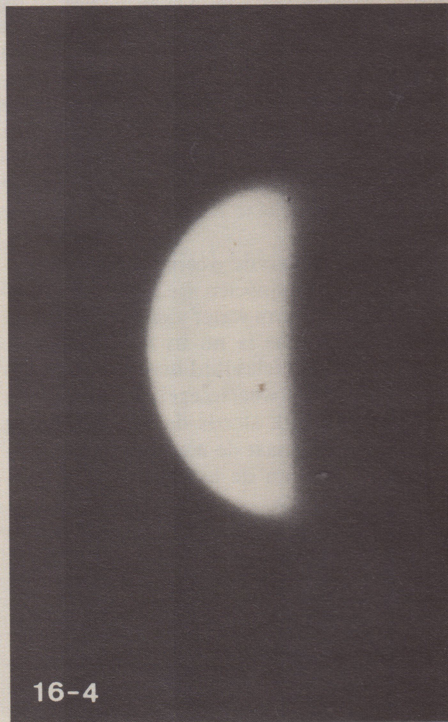
Sedert het einde van de jaren vijftig bestaat er een versnelde toename in de kennis van de vorm van de aarde. Zo is men o.a. te weten gekomen dat de aarde, sterk overdreven uitgedrukt, een 'peervorm' heeft: de noordpool ligt iets hoger, de zuidpool iets lager dan het gemiddelde oppervlak. Deze noord-zuid afwijking kan men afleiden uit de baanbeweging van kunstmatige satellieten, met name uit veranderingen in de kortste afstand tot de aarde. Hoewel de noord-zuid afwijking slechts klein is, veroorzaakt zij namelijk een afwijking van vele kilometers in de perigeumafstand.
De Brit D. G. King-Hele heeft een nieuwe bepaling van de peervorm gedaan op grond van afwijkingen in de banen van 28 satellieten die bewogen in vlakken tussen het evenaarvlak en het vlak door de polen. De banen van deze satellieten werden afgeleid uit ongeveer 5000 waarnemingen die in de afgelopen jaren door zowel vakmensen als amateurs werden verricht. In het bijzonder de Cosmos 248 en 373 werd geobserveerd, aangezien hun baanhellingen tussen 62° en 63° liggen en de afwijkingen in de perigeumafstand hier tientallen kilometers bedragen.
Nevenstaande figuur geeft het gemiddelde profiel van de doorsnede van de aarde door de polen. De hoogte (getrokken lijn) is gegeven t.o.v. een bol met afplatting 1/298,25 (stippellijn). In dit nieuwe profiel ligt het zeeniveau aan de noordpool 17,84 meter boven deze bol en aan de zuidpool 27,23 meter er onder. De noord-zuid asymmetrie (de noordpoolstraal minus de zuidpoolstraal) bedraagt dus 45,1 meter, dat is 40 cm meer dan men aanvankelijk had afgeleid. Verder kon worden vastgesteld dat de fouten in het nu bepaalde profiel niet groter dan 50 cm zullen zijn; alleen nabij de polen zou de nauwkeurigheid minder kunnen zijn en tot ongeveer 1,5 meter kunnen oplopen. Het is toch wel opmerkelijk dat de vorm van de aarde zo nauwkeurig kan worden afgeleid met behulp van satellieten die slechts 'passief' hun rondjes draaien (zie ook het artikel in Zenit 1979 p. 438).

(GB/Nature, vol. 286, p. 377 (1980))









Een avondverschijning van Venus (1980)

De schitterende planeet Venus stond de eerste helft van 1980 aan de avondhemel te pronken en nodigde uit tot observatie. Ik maakte van de gelegenheid gebruik om bijgaande foto-serie van deze verschijning te maken. Aan de hand van de foto's zullen we de lotgevallen van de planeet in haar omloop om de zon volgen.

Venus vertoont net zoals de maan schijngestalten. 'Schijn' inderdaad, want een en ander is uitsluitend afhankelijk van de hoek waaronder wij vanaf aarde waarnemen. Omdat de aarde en Venus samen om de zon draaien zullen de verschijnselen enigszins anders zijn dan bij de maan die om de aarde wentelt. Als aarde, maan en zon een hoek van 90° vormen zal het eerste of laatste kwartier zijn en zien we de helft van de maanschijf verlicht. Vormen Venus, zon en aarde een rechte hoek, dan kunnen we nog *meer* dan de helft van de schijf verlicht zien. Dit komt o.a. doordat de afstand maan-aarde t.o.v. de afstand aarde-zon dan veel kleiner is dan de afstand zon-Venus. Het is een interessante oefening in ruimtelijk denken zich dit voor te stellen. Eventueel kan de lezer zich behelpen met een tekening. Toen ik de planeet op 10 februari fotografeerde bedroeg die hoek ongeveer 90°, maar toch zien we de Venusschijf nog voor zowat 75% verlicht. Venus was 1,113 AE van ons verwijderd en bijgevolg was de schijnbare diameter van het schijfje slechts 15″.

Het aangroeien

Venus beweegt zich met een grotere hoeksnelheid om de zon en haalt de aarde dus in. Begin april bedroeg de hoek aarde-zon-Venus nog ongeveer 45°. Aan de hemel zien we het Venusschijfje dan ongeveer voor de helft verlicht. De afstand tussen de aarde en de planeet bedroeg nog slechts 0,667 AE en het schijfje was 'gegroeid' tot 25″. De tweede opname werd gemaakt op 6 april.

Tien dagen later was de diameter nog een beetje groter, want Venus bevond zich toen op 0,6 AE van de aarde. We zijn nu het 'laatste kwartier' voorbij, want het schijfje is nog voor 45% verlicht (derde opname).

We komen bij de vierde opname: 1 mei 1980. Venus naderde stilaan de zon voor een aardse waarnemer. De hoek Venus-zon-aarde was inderdaad sterk afgenomen. We konstateren wel een sterk toegenomen schijnbare diameter, nu al meer dan 30″, en ook dat is niet verwonderlijk want slechts 0,5 AE scheidden ons van de planeet.

Op dit punt houden we even halt. Begin februari 1980 was Venus van magnitude −3,6 en begin mei van magnitude −4,2 wat opmerkelijk konstant is als we de veranderingen die we zonet beschreven in acht nemen. Deze relatief konstante helderheid van de planeet wordt verklaard door het verlichte schijnbare oppervlak van de sikkel. Als dit niet te drastisch wordt gewijzigd, zal ook de helderheid niet erg veranderen.

We schrijven nu 5 mei 1980. Slechts enkele dagen later dan de 1e mei en nu stelden we een serieuze vergroting van de diameter vast. Deze bedroeg nu 35″ en zou nog zeer snel stijgen. Nog 30% van de schijf was verlicht en Venus bevond zich op minder dan een halve AE van de aarde.

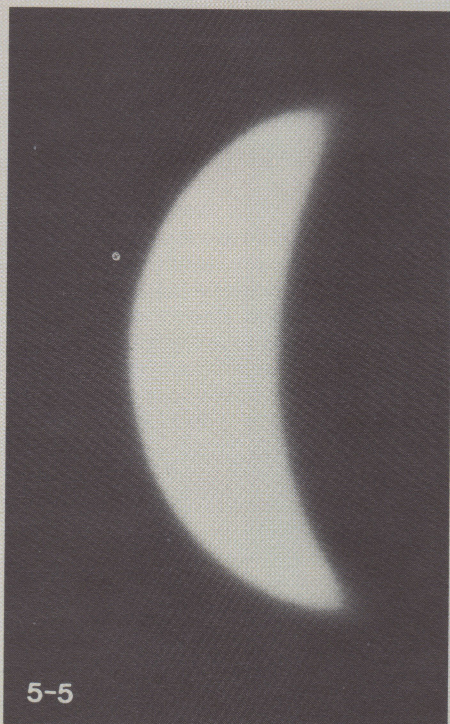
Op 19 mei kon Venus vanaf mijn sterrenwacht niet meer tegen een donkere achtergrond worden geobserveerd. De fijne uitlopers van de sikkel zijn dan ook in de avondschemering verloren gegaan. Teleskopisch was deze sikkel wel goed waarneembaar: de diameter bedroeg nu 44″, nog maar 18% van de schijf was verlicht en Venus bevond zich op minder dan 0,4 AE van de aarde. Nu was de fotosessie afgelopen; ook visueel werd er niet meer waargenomen. Eenieder zal zich herinneren hoe het wolkendek zich sloot tot 21 juli. Nochtans is het interessant te vertellen wat er nu verder zou gezien zijn. De Venussikkel zou namelijk nog veel smaller worden en de diameter zou toenemen tot bijna 60″.

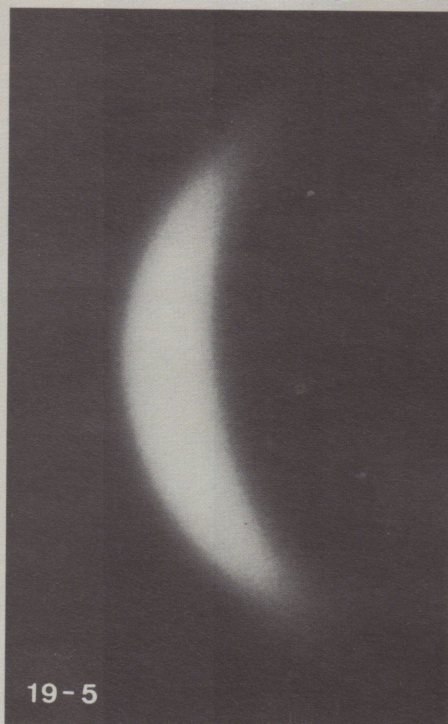
In 1977 kon ik het verschijnsel wel tot de konjunktie met de zon blijven volgen. Tot eind maart dat jaar bleef de planeet in de avondschemering te zien. Er was slechts een binokulair nodig om de planeet daadwerkelijk als een sikkel waar te nemen. Op 4 april zag ik de planeet toen omstreeks het middaguur op slechts enkele graden van de zon. Voor deze spektakulaire waarneming richtte ik mijn toenmalige 76-mm refraktor op de zon en probeerde ik met de deelcirkels de planeet te vinden. Na enkele pogingen lukte het een ragfijne sikkel te zien. Een en ander werd nog gemakkelijker toen een wolk voor de zon passeerde en haar straling afzwakte. Toen ook Venus door die wolk werd bedekt, was het uit met de waarnemingspret. Maar het loonde de moeite!

Technische details

Rest me nog iets te vertellen over de technische kant van de zaak. De bijgevoegde foto's zijn gemaakt met een 15-cm Newtonteleskoop (f/8). Er werd okulairprojektie toegepast met een 7-mm orthoskopisch okulair over 6 cm en de belichtingstijd (d.m.v. afzwaaien) bedroeg 1 s op Kodak SO 115 (nu Technical Pan 2415). Deze film werd 3 minuten ontwikkeld in DI9. Deze


1-5


5-5


19-5

fotoserie kan gemakkelijk herhaald worden met een belangrijk kleiner instrument, zoals een 60-mm refraktor. Het scheidend vermogen en zelfs de lichtsterkte van de kijker zijn van niet zoveel belang. Een en ander moet een pleidooi zijn voor het vervaardigen van astrofoto's, waaruit bepaalde verschijnselen afgeleid kunnen worden of aan de hand waarvan zaken uit de ruimtelijke sterrenkunde geïllustreerd kunnen worden.

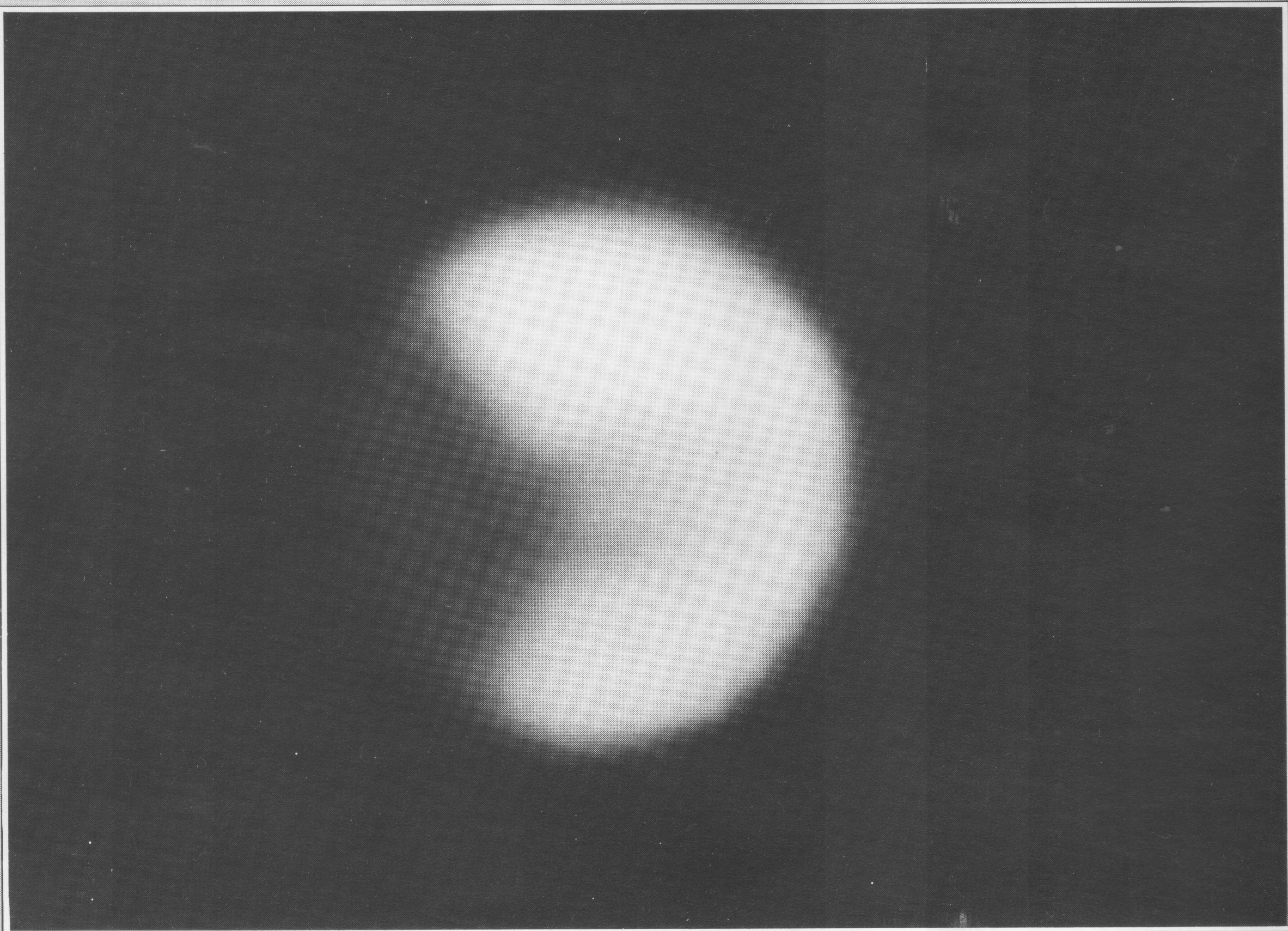
Luc Vanhoeck

Planetoïden voor amateurs met bescheiden uitrusting

Het verheugt mij dat de sterrengids al enkele jaren de zichtbaarheid vermeld van alle planetoïden met een helderheid groter dan magnitude 10. De eerlijkheid gebiedt mij overigens tevens te vermelden dat ik daar tot dusver niet veel mee heb gedaan. *Sky and Telescope* geeft elke maand een astro-agenda. Op blz 213 van het septembernummer (1980) staat een kaartje met de ephemeriden van de planetoïden Iris en Kleopatra, zichtbaar op de grens van de sterrenbeelden Vissen en Pegasus.
Op 2 oktober 1980 heb ik een poging gedaan om de beide planetoïden met een 300 mm telelens (f/4) met volgen te verschalken. Dat volgen was die avond niet zo'n succes. Daarop heb ik opnamen gemaakt met een stilstaande camera en een belichtingstijd van 1 minuut. Geen ideale techniek voor dit werk, maar de methode behoeft niet kansloos te zijn. De foto bewijst dat het spoor van de planetoïde te identificeren is mits men beschikt over een goede kaart van het gefotografeerde sterrenveld. De SAO-atlas en de zogenaamde Vehrenberg- of Falkaueratlas zijn daartoe schitterende hulpmiddelen. Iris is een planetoïde met een middellijn van 200 km, in 1847 door de Engelse astronoom Hind ontdekt. Op 2 oktober 1980 was Iris bezig met de retrograde beweging en had een helderheid van magnitude 8. Leest u de tips eens door in de sterrengids onder het hoofdstuk *Planetoïden;* misschien gaat er een wereld voor u open.

Piet Koning





Deze foto van Japetus, gemaakt door de Voyager 1 op 6 november 1980 van 8 miljoen km afstand, toont een donkere 'voorkant' (reflecterend vermogen 5 à 10%) en een heldere 'achterkant' (reflecterend vermogen circa 45 %). De kleinste details op de foto zijn 150 km groot. (Foto: NASA/JPL, ter beschikking gesteld door O. Namba)

Het raadsel Japetus

Ondanks de spectaculaire ontdekkingen die dank zij het ruimteonderzoek zijn gedaan, zijn er toch vele zaken die door waarnemingen vanaf de aarde zijn opgehelderd. Eén er van is het raadsel van Japetus, de achtste maan van Saturnus. Voor- en achterkant van deze maan blijken ruim een factor vijf in helderheid te verschillen. Dit bijzondere karakter van Japetus is al enkele eeuwen bekend, en men vindt het tegenwoordig nog in de science-fiction terug (zie het boek '2001 – Een Ruimte-Odyssee' – naar de gelijknamige film). Een goede verklaring voor dit bijzondere karakter heeft men nog steeds niet, maar dank zij nauwkeurige fotometrie gedurende de laatste tien jaar is men gelukkig wel meer over de aard van Japetus te weten gekomen.

De ontdekker van Japetus was de Italiaanse Fransman Jean Dominique (Gian Domenico) Cassini. Deze Cassini werd in 1650 (hij was toen 25 jaar) professor in de sterrenkun-

P. D. Barthel

de aan de Universiteit van Bologna. Hij berekende daar o.a. de banen van de in 1610 door Galilei ontdekte Jupitermanen Io, Europa, Ganymedes en Callisto. In 1669 werd Cassini door de Franse koning Lodewijk XIV gevraagd om directeur van een nieuw te stichten observatorium te Parijs te worden. Daar ontdekte hij eind oktober 1671 een nieuwe maan van Saturnus, die in het begin van de 19e eeuw van John Herschel (zoon van William Herschel) de naam Japetus zou krijgen. Japetus was de tweede bekende Saturnusmaan, want in 1655 had Christiaan Huygens al Titan ontdekt. Cassini beschreef in 1671 de vrij lange omlooptijd van Japetus rond Saturnus (ongeveer 80 dagen) en de vrij grote inclinatiehoek tussen het baanvlak van Japetus en het ringvlak van Saturnus. Een jaar na de ontdekking van Japetus ontdekte Cassini een derde Saturnusmaan: Rhea. Deze bevindt zich veel dichter bij Saturnus dan Titan en Japetus. In het verslag van die ontdekking beschreef Cassini tevens een opmerkelijke, raadselachtige eigenschap van Japetus: de maan bleek bij grootste westelijke elongatie goed zichtbaar en bij grootste oostelijke elongatie gedurende enkele weken geheel onzichtbaar te zijn!

In 1684 ontdekte Cassini nog twee Saturnusmanen: Dione en Tethys, die beide dicht bij Saturnus bleken te staan. In 1789 (dus meer dan honderd jaar later) werden er weer twee Saturnusmanen ontdekt, Mimas en Enceladus, en wel door William Herschel. Tevens bestudeerde deze sterrenkundige uitgebreid de al door Cassini opgemerkte helderheidsvariaties van Japetus. Herschel vond dat gedurende eenderde deel van de omloopperiode, en wel om en nabij de grootste westelijke elongatie, Japetus bijna zo helder als Titan was, en dat de helderheid ervan bij de grootste oostelijke elongatie zeker een factor tien kleiner was (Herschel had een betere telescoop dan Cassini tot zijn

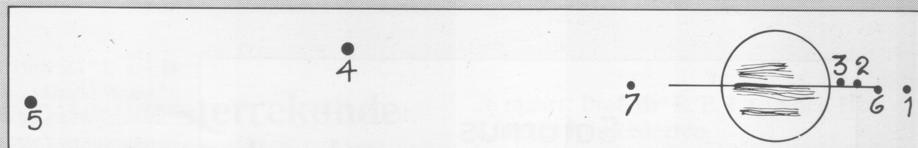


Fig. 1. Schets van Willem Herschel (20 oktober 1789), met de satellieten Tethys (1), Dione (2), Rhea (3) Titan (4), Japetus (5), Enceladus (6) en Mimas (7).

beschikking, en kon Japetus bij oostelijke elongatie dus wél zien).

Langdurige bestudering van het gedrag van Japetus wees uit dat maximale helderheid altijd bij grootste westelijke elongatie optreedt en de minimale helderheid altijd bij grootste oostelijke elongatie en Herschel concludeerde daaruit dat de rotatieperiode van Japetus gelijk moest zijn aan de baanperiode. Japetus heeft dus, net als onze Maan bij de aarde, altijd dezelfde kant naar Saturnus gericht. Men noemt dit synchrone rotatie. Maar Herschel concludeerde nog meer:

* Een groot deel van het oppervlak van Japetus (ruwweg gezegd: de voorkant, d.w.z. het halfrond dat voorop loopt in de baanbeweging van Japetus om Saturnus) reflekteert het zonlicht veel minder dan het resterende deel (de achterkant);
* Noch het heldere, noch het donkere gedeelte van Japetus is naar Saturnus gekeerd, maar een deel van beide;
* De regelmaat van de helderheidsvariaties suggereert dat Japetus net als onze Maan (vrijwel) geen atmosfeer heeft.

Gedurende de jaren 1875-1885 analyseerde Asaph Hall in Washington de baanbeweging van Japetus en hij kwam tot de volgende conclusies:

TABEL 1

BAANEIGENSCHAPPEN VAN DE MANEN VAN SATURNUS

Naam		Straal[1] (in 10^3 km)	Omloopperiode[2] (in dagen)	excentriciteit (in°)	Inclinatie[3]
Mimas	(S1)	186	0,942	0,0201	1,5
Enceladus	(S2)	238	1,370	0,0044	0,0
Tethys	(S3)	295	1,888	0,0000	1,1
Dione	(S4)	377	2,737	0,0022	0,0
Rhea	(S5)	527	4,518	0,0010	0,4
Titan	(S6)	1222	15,95	0,0289	0,3
Hyperion	(S7)	1481	21,28	0,1042	0,4
Japetus	(S8)	3560	79,33	0,0283	14,7[4]
Phoebe	(S9)	12930	550,4	0,1633	150

[1]. halve lange as van de ellipsbaan
[2]. omloopperiode = rotatieperiode, behalve voor Phoebe (nog onzeker)
[3]. t.o.v. equatorvlak van Saturnus
[4]. in geringe mate variabel

* $T_{omloop} = T_{rotatie} = 79{,}331$ middelbare zonnedagen, dat is $79^d7^h56{,}^m6$;
* baanexcentriciteit = 0,028: Japetus beschrijft dus een vrijwel cirkelvormige baan;
* inclinatiehoek tussen baanvlak van Japetus en het ringvlak van Saturnus bedraagt 14°43′.

In 1848 en 1898 werden respectievelijk de manen Hyperion en Phoebe ontdekt, waarmee het totale aantal bekende Saturnusmanen op negen kwam. In tabel I zijn de baaneigenschappen van deze negen manen, zoals die nu bekend zijn, getabelleerd. Ik merk hierbij op dat het aantal manen van Saturnus veel groter is. Recente waarnemingen vanaf de aarde, door Pioneer 11 en door Voyager 1 wijzen daarop. Dat betreft dan kleine manen (diameters kleiner dan 250 km) die zich dicht bij Saturnus bevinden. Voor informatie hierover verwijs ik naar *Zenit 9*, 322 (1980) en *Sky & Telescope* vol. 60 nr. 5, 356 (november 1980).

We zien uit de tabel dat we deze satellieten van Saturnus op grond van hun baaneigenschappen in drie groepen kunnen indelen: de eerste vijf vormen de eerste groep, Titan en Hyperion een verdergelegen groep en Japetus en Phoebe tenslotte de buitenste groep.

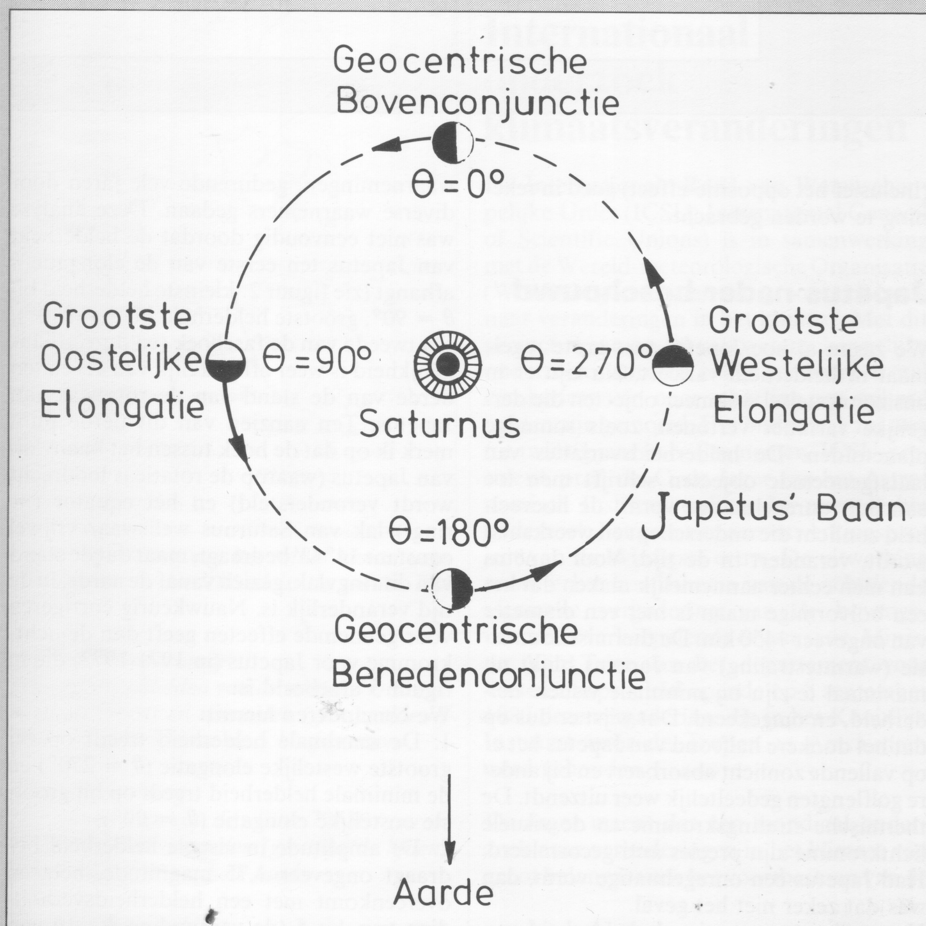


Fig. 2. Bovenaanzicht op Saturnus en Japetus. De hoek θ bepaalt de lengte op Japetus van het naar de aarde gekeerde punt, gemeten t.o.v. bij geocentrische bovenconjunctie. De schets is niet op schaal.

Fotometrie van planeten en hun manen

Fotometrie (lichtmeting) van planeten en hun satellieten verschilt in die van sterren, doordat de planeten en satellieten niet zelf licht uitzenden, maar het erop vallende zonlicht weerkaatsen. De hoek waaronder een waarnemer dit zonlicht gereflecteerd ziet verandert in de tijd: een planeet is immers een 'dwaalster'. Dit effect zullen we bij de reductie van de waarnemingen in rekening moeten brengen.

Onder de *fasehoek* verstaat men de hoek zon-planeet(maan)-waarnemer. Daar zowel de planeet als de waarnemer (i.h.a. op aarde) om de zon draaien, zal de fasehoek veranderen in de tijd. Voor buitenplaneten

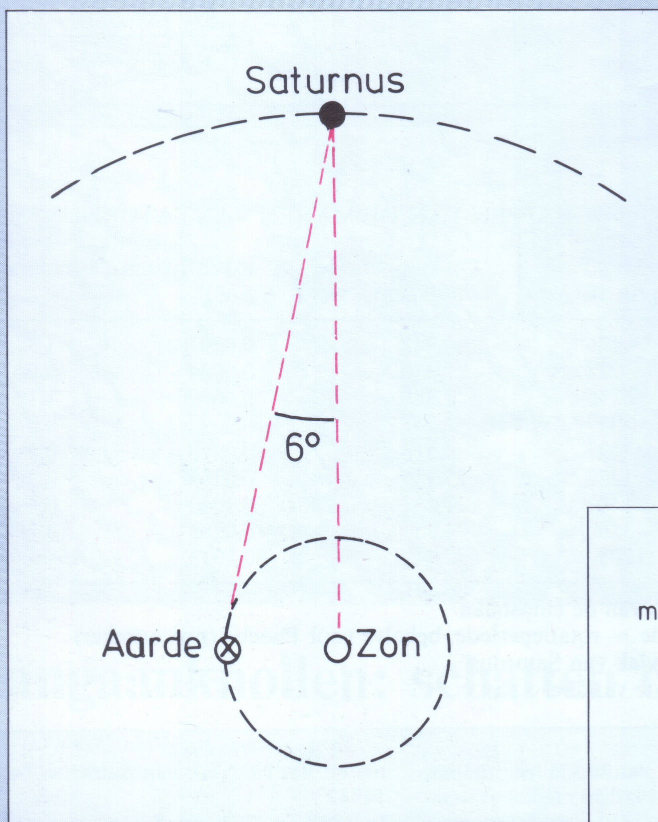
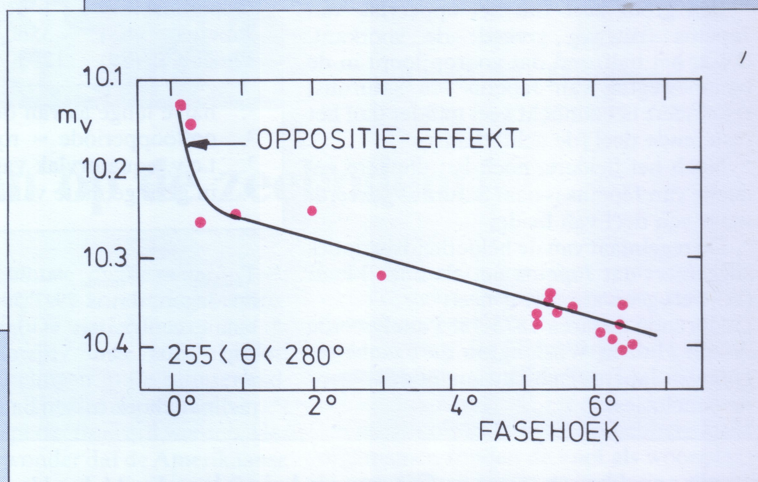


Fig. 3. De maximale fasehoek van Saturnus wordt bereikt, als – gezien vanaf Saturnus – de aarde en de zon de grootst mogelijke hoek opspannen (niet op schaal).

Fig. 4. Fase- en oppositie-effect van de heldere achterkant van Japetus. Note bene: de magnitudenschaal is zo gedefinieerd dat bij toenemende helderheid de magnitude afneemt.



zoals Mars, Jupiter, Saturnus en de verdergelegen planeten heeft de fasehoek een maximale waarde, die kleiner is naarmate de planeet verder weg staat. Voor Saturnus en de Saturnusmanen bijvoorbeeld is de maximale fasehoek ongeveer 6° (zie fig. 3) en voor Neptunus is dat nog maar 2°.
Met de veranderende fasehoek zal ook de helderheid van een planeet(maan) veranderen. In het algemeen is dit zgn. *fase-effect* afhankelijk van:

1. De grootte van het door de zon verlichte deel, gezien vanaf de aarde;
2. De (richtingsafhankelijke) lichtverstrooiingseigenschappen van de deeltjes op (of boven) het planeet(maan)-oppervlak;
3. Schaduweffecten (zowel micro- als macroscopisch).

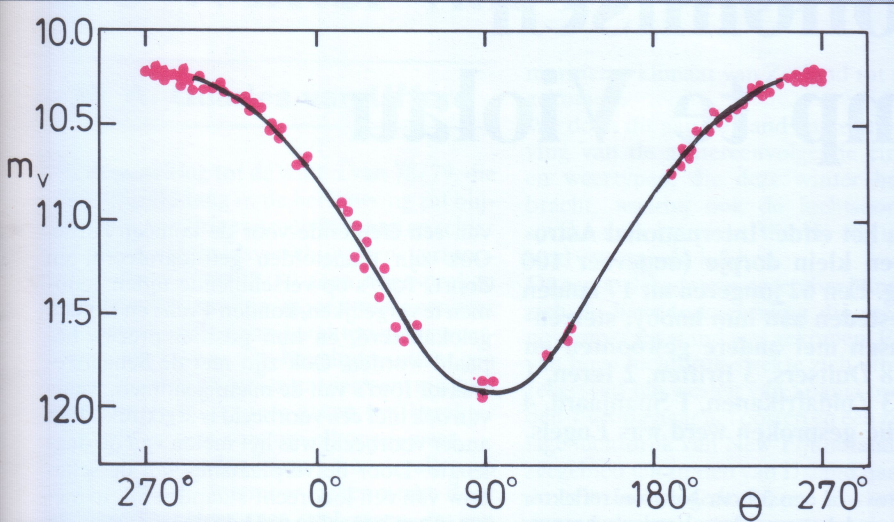
Bij kleine fasehoeken treedt bovendien het zgn. *oppositie-effect* op: rond en tijdens oppositie (fasehoek nul) neemt de helderheid van de planeet (maan) onverwacht toe. In het algemeen is – afgezien van het oppositie-effect – de helderheid (in magnituden uitgedrukt) een lineaire functie van de fasehoek. Figuur 4 toont bijvoorbeeld de visuele magnitude van Japetus bij westelijke elongatie, dus van de heldere achterkant, als functie van de fasehoek.
Bij de analyse van fotometrische planeet- of maanwaarnemingen dient het fase-effect (inclusief het oppositie-effect) goed in rekening te worden gebracht.

Japetus nader beschouwd

We zagen al hoe Japetus met grote regelmaat in helderheid varieert. Nu zijn er in ons zonnestelsel wel meer objecten die dergelijke variaties vertonen, zoals sommige planetoïden. De helderheidsvariaties van laatstgenoemde objecten schrijft men toe aan hun onregelmatige vorm: de hoeveelheid zonlicht die onderschept en weerkaatst wordt, verandert in de tijd. Voor Japetus kan men echter aannemelijk maken dat het een bolvormige maan is met een diameter van ongeveer 1450 km. De thermische emissie (warmtestraling) van Japetus blijkt nl. maximaal te zijn bij minimale visuele helderheid, en omgekeerd. Dat wijst er dus op dat het donkere halfrond van Japetus het er op vallende zonlicht absorbeert en bij andere golflengten gedeeltelijk weer uitzendt. De thermische stralingskromme en de visuele lichtkromme zijn precies anti-gecorreleerd. Had Japetus een onregelmatige vorm, dan was dat zeker niet het geval.
Hoe varieert nu precies de helderheid van Japetus in de tijd? Om dit te weten te komen analyseerden Morrison e.a. van de universiteit te Hawaii nauwkeurig de fotometrische waarnemingen, gedurende vele jaren door diverse waarnemers gedaan. Deze analyse was niet eenvoudig doordat de helderheid van Japetus ten eerste van de elongatie θ afhangt (zie figuur 2: kleinste helderheid bij $\theta = 90°$, grootste helderheid bij $\theta = 270°$), ten tweede van de fasehoek (en deze afhankelijkheid is weer afhankelijk van θ!) en ten derde van de stand van de rotatieas van Japetus. Ten aanzien van dit derde punt merk ik op dat de hoek tussen het baanvlak van Japetus (waarop de rotatieas loodrecht wordt verondersteld) en het equator (= ring-)vlak van Saturnus weliswaar vrijwel constant 14°43′ bedraagt, maar dat de stand van dit ringvlak, gezien vanaf de aarde, in de tijd veranderlijk is. Nauwkeurig corrigeren voor genoemde effecten geeft dan de lichtkromme voor Japetus (in 1971-1973) die in figuur 5 afgebeeld is.
We concluderen hieruit:

1. De maximale helderheid treedt op bij grootste westelijke elongatie ($\theta = 270°$) en de minimale helderheid treedt op bij grootste oostelijke elongatie ($\theta = 90°$);
2. De amplitude in visuele helderheid bedraagt ongeveer 1,75 magnitude, hetgeen overeenkomt met een helderheidsverhouding van 1 : 5 (de verhouding 1 : 10 van Herschel was dus overdreven!).

De voor het jaar 1949 gevonden lichtkromme bleek een iets dieper minimum te verto-



◄ *Fig. 5. Waargenomen lichtkromme van Japetus gedurende de jaren 1971-1973. Zie de opmerking onder figuur 4.*

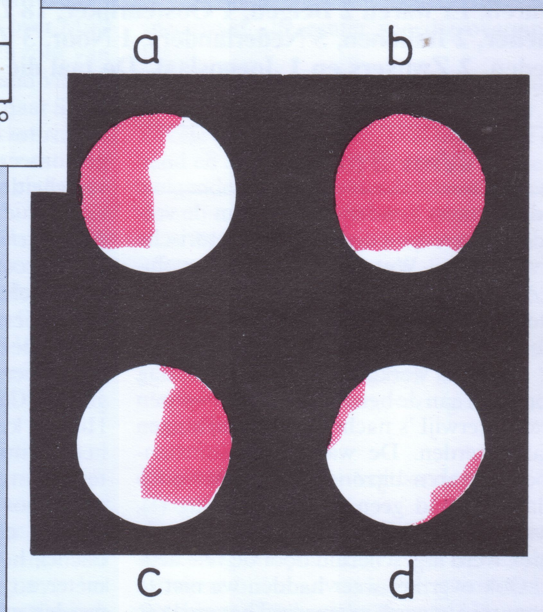


Fig. 6. Artistieke schets van het computermodel voor de helderheidsverdeling op Japetus. a correspondeert met $\theta = 0°$ in figuur 2, b met $\theta = 90°$, c met $\theta = 180°$ en d met $\theta = 270°$. ►

nen. Het enige verschil tussen Japetus in 1971-73 en 1949 is dat de stand van de rotatie-as tijdens deze metingen verschilde: in 1949 zagen we minder van de zuidpool van Japetus dan in 1971-73, omdat deze langzaam in het gezicht kwam.
Met behulp van een computer construeerden Morrison e.a. modellen voor de helderheidsverdeling van de bolvormig veronderstelde Japetus, ten einde dat model te vinden dat het beste aan de gevonden lichtkrommen (zoals figuur 5) beantwoordt. Morrison e.a. vonden dat de gezochte model-helderheidsverdeling niet precies 'tweehalfrondig' was: op het heldere halfrond moet zich nog wat donker materiaal bevinden, opdat de flanken van de lichtkrommen precies gekopieerd worden.
Tevens, en dat is belangrijk, moet Japetus een geheel heldere zuidpool hebben, om de metingen uit 1949 te verklaren. Een onafhankelijke bevestiging van de aanwezigheid van die heldere zuidpool volgde een paar jaar later, uit de analyse van de helderheid van Japetus' donkere voorkant. De helderheid daarvan bleek namelijk in de jaren 1971-1976 gestadig afgenomen te zijn: de zuidpool verdween langzaam uit het gezicht! Concluderend kunnen we ons Japetus ongeveer voorstellen als in figuur 6 is afgebeeld. Het reflectievermogen van de heldere achterkant stelt men tegenwoordig op ongeveer 55%, dat van de donkere voorkant op ongeveer 11%.
Resten ons nog de vragen wat er zich op Japetus' oppervlak bevindt, en waarom er zo'n groot verschil tussen voor- en achterkant is.
Ten aanzien van die eerste vraag is men wel iets wijzer geworden: infraroodspectra van de heldere kant van Japetus (en ook van de manen Rhea, Dione en Tethys) bleken diepe absorptiebanden bij 1,6 en 2,0 μm te vertonen. Vergelijking met laboratoriumexperimenten op aarde leerde dat het hier absorptie door water-ijs betreft. Op Japetus' heldere halfrond bevindt zich dus een ijskorst. Het donkere materiaal op het andere halfrond vertoont in zijn samenstelling veel gelijkenis met dat van bepaalde typen planetoïden. Ten aanzien van de laatste vraag is men, jammer genoeg, nog steeds niet veel wijzer geworden. Men kan zich afvragen waarom het ijs zich slechts op de achterkant heeft gevormd, of waarom van de overal met ijs bedekte Japetus het ijs van de voorkant verdwenen is. Het donkere halfrond loopt voorop in Japetus' baanbeweging rond Saturnus. De theorie dat dit halfrond het wellicht aanwezige stof rond Saturnus 'opveegt', en daardoor zo donker is, lijkt mooi maar werpt meteen de vraag op waarom de andere manen van Saturnus (die ook synchroon roteren) dit niet doen. Een andere theorie is dat wellicht donker materiaal, afkomstig van de buitenste Saturnusmaan Phoebe, bij voorkeur op de voorkant van Japetus terechtkomt. Een derde theorie is dat Japetus en Phoebe geen echte manen van Saturnus zijn, maar ingevangen planetoïden. Het feit dat Japetus en Phoebe een aparte groep onder de Saturnusmanen vormen (zie tabel I) wijst daarop. Men neemt aan dat Phoebe ingevangen is ná de vorming van het Saturnusstelsel en dat Japetus ingevangen is, min of meer tijdens die vorming. Aan Japetus' voorkant zou de uniforme ijslaag zijn aangetast door het toen nog aanwezige gas en stof, en dat zou wellicht de asymmetrie in de ijsverdeling veroorzaakt hebben. Duidelijkheid is er echter allerminst. Japetus zal voorlopig nog wel een raadsel blijven.

(Ik dank J. W. Hovenier, P. B. Bosma, O. Namba en E. P. Busser voor commentáar en J. J. Ober voor het tekenwerk).

Literatuur

'The Planet Saturn'; Alexander; London (1962)
'The Two Faces of Iapetus'; Morrison e.a.; Icarus *24*, 157 (1975)
'The Saturn System'; Hunten e.a.; NASA Conference Publication 2068 (1978)
'Planetary Satellites'; Burns e.a.; University of Arizona Press (1977)

Uit het Astronomisch Jongerenkamp te Violau

Van 18 juli tot 8 augustus 1980 werd in Violau het elfde 'International Astronomical Youth Camp' gehouden. Violau is een klein dorpje (ongeveer 100 inwoners) 30 km ten noordwesten van Augsburg. Een 62 jongeren uit 17 landen kwamen bijeen om 3 weken lang hun tijd te besteden aan hun hobby, sterrenkunde, en aan het ontmoeten van jonge mensen met andere gewoonten en culturen. Er waren 2 Belgen, 1 Oostenrijker, 18 Duitsers, 3 Britten, 2 Ieren, 1 Israëliër, 2 Italianen, 5 Nederlanders, 1 Noor, 3 Zuidafrikanen, 1 Spanjaard, 4 Zweden, 2 Zwitsers en 1 Joegoslaaf. De taal die gesproken werd was Engels.

Wim Steemers

De deelnemers konden aan één van de volgende werkgroepen deelnemen: Historische Sterrenkunde – Wetenschappelijke Revolutie, Algemene Sterrenkunde, Kunstmanen, Meteoren en interplanetaire materie, Veranderlijke Sterren, Sterren en Sterrenstelsels. In deze werkgroepen werd overdag theoretisch aan de betreffende onderwerpen gewerkt, terwijl 's nachts de waarnemingen gedaan werden. De waarnemingsomstandigheden waren bijzonder goed: het dorp Violau zelf had geen straatverlichting (!), terwijl de straatverlichting van dorpen in de omtrek werd afgeschermd door de vele heuvels. Ook over het weer hadden we niet te klagen: na 5½ week regen werd het op de 4e dag van het kamp helder en dit is zo gebleven tot aan het eind: de dag van vertrek regende het weer.

Het observatorium was werkelijk ideaal. Het omvatte een koepel met een 30 cm Schaer-refraktor. Onder een afrijdbaar dak stonden twee opstellingen: één met een 15 cm Coudérefraktor en een protuberansenkijker (9 cm), en één waarop óf een 30 cm Maksutov- óf een 30 cm Newton-reflektor gemonteerd kon worden. Verder waren er verscheidene prismakijkers.

Historische Sterrenkunde

Deze groep heeft zich bezig gehouden met de omschakeling van het Ptolemeus- naar het Copernicus-wereldbeeld. Het bleek, gegeven de kennis en instrumenten van de middeleeuwen, zeer moeilijk, zo niet onmogelijk, Copernicus' theorie te bewijzen. Hierbij kwamen problemen op als: is het heelal eindig of oneindig (Copernicus' systeem kan alleen standhouden als het heelal zeer groot is, terwijl Copernicus zelf de sterren op een vaste, eindige bol geplaatst dacht), hebben sterren een schijnbare diameter, zo ja, hoe groot is die, enz. Bovendien werden enkele oude sterrenkundige instrumenten nagebouwd en gebruikt, zoals het astrolabium en de Jacob-staf.

Algemene Sterrenkunde

Deze groep heeft enkele op zichzelf staande projecten uitgevoerd, zoals classificatie van spectra, bepalen van het relatieve zonnevlekkengetal, een HR-diagram van de 50 dichtstbijzijnde sterren en het berekenen van een efemeride voor de komeet Tuttle. Ook zijn planetoïden gefotografeerd, en door 2 foto's op verschillende tijden genomen te vergelijken, konden Tyche en Helena gelokaliseerd, en hun posities precies bepaald worden. Ook zijn met de Schaer-refraktor foto's van de maan genomen, waarvan ook hier een voorbeeld is afgedrukt. Een ander voorbeeld was het meten van de daglengte. Door de verplaatsing van de schaduw van een loodrecht-staande stok te meten in een bepaalde tijd kan de lengte van de zonnedag, maar ook van de maandag bepaald worden (de volle maan is helder genoeg om een schaduw te werpen). Zo werd voor de zonnedag een lengte van 24,425 uren gevonden; voor de maandag 27,705 uren.

Kunstmanen

Deze groep heeft zich voornamelijk beziggehouden met het waarnemen van kunstmanen en het uitwerken van deze waarnemingen, bijvoorbeeld om te proberen de baan te berekenen. Ook zijn fotografische waarnemingen en simultane waarnemingen gedaan.

Meteoren

Waarnemingen van meteoren en hun uitwerking vormden ook hier het belangrijkste bestanddeel. Ook heeft deze groep mikrometeorieten gedetekteerd en een studie gemaakt van twee meteoorkraters in de buurt: Nördlinger Ries en Steinheimer Becken.

Veranderlijke Sterren

Visuele helderheidsschattingen zijn iedere heldere nacht gedaan; hieruit konden lichtkrommen worden afgeleid. Op deze manier kon de afstand van enkele Cepheïden be-

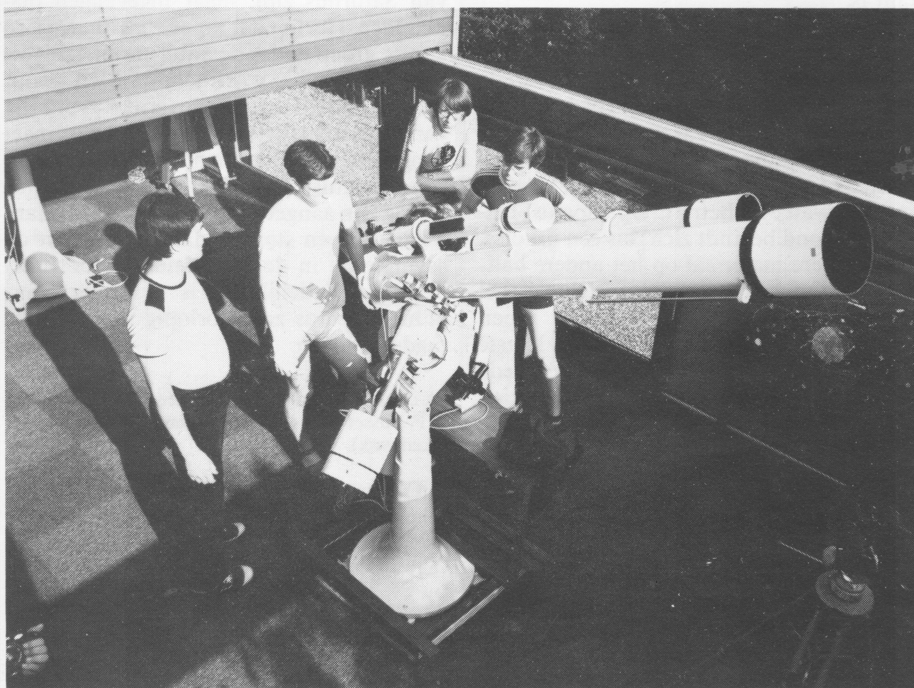
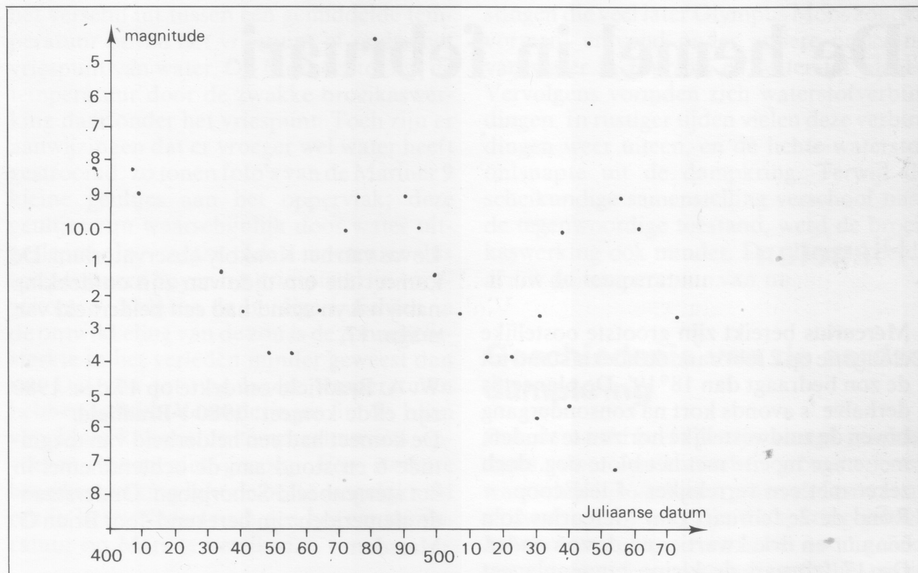


Fig. 1. De Coudé-refractor van het observatorium te Violau, waar het elfde Internationale Astronomische Jongerenkamp werd gehouden. Met het instrument worden hier waarnemingen aan de zon verricht.

Fig. 2. Maanopname, gemaakt met de 30 cm Schaer-refractor. De foto toont het gebied van Schiller en omgeving.

Fig. 3. Lichtkromme van de veranderlijke ster DY Pegasus, bepaald uit visuele waarnemingen.



paald worden (vergelijking schijnbare magnitude met de absolute, die uit de periode volgt). Een variabele ster, DY Peg, is gedurende een hele nacht om de 10 minuten gefotografeerd, om zo de lichtkromme af te leiden. Dit was in de praktijk moeilijker dan in theorie: het doormeten van de negatieven m.b.v. een fotometer bleek niet te lukken door het geringe verschil in helderheid tussen de ster in zijn minimum en de hemelachtergrond. Van de visuele helderheidsschattingen (door het negatief te projekteren en zo de zwarting te vergelijken met vergelijkingssterren) is in fig. 3 de lichtkromme getekend. Vergelijking met waarden uit de literatuur wees uit dat het gevonden tijdstip van maximum 13 minuten naast het werkelijke tijdstip zat, wat met een belichtingstijd van 10 minuten toch een redelijk resultaat kan worden genoemd.

Sterren en Sterrenstelsels
Hierin werd een opbouw gemaakt: na de basistechnieken te hebben doorgenomen (eigenschappen van een telescoop, meten van de eigenbeweging van sterren op foto's), werd de aandacht op de fysica van de zon gericht. Vandaar uit werden enkele fysische aspecten van sterren in het algemeen bestudeerd, en zo werd tenslotte een beeld van ons sterrenstelsel opgebouwd. Tenslotte werd aandacht gewijd aan andere sterrenstelsels.

Internationale samenwerking

Hoewel het een astronomisch werkkamp was, betekende dit niet dat we ons alleen maar met sterrenkunde bezighielden. Het ontmoeten van en praten met mensen uit andere landen met andere gewoonten, godsdiensten en culturen vormde een belangrijk deel van het kamp. Het niet-astronomisch programma bevat allerlei mogelijkheden om met elkaar te communiceren. We hebben ook een excursie gemaakt naar Memmingen, waar op dat moment het Wallensteinfeest werd gehouden (dit feest herdenkt de bevrijding door Wallenstein aan het eind van de dertigjarige oorlog). Sporten waren o.a. voetbal, tafeltennis, zwemmen en basketbal.
Zo'n kamp kost natuurlijk veel geld. De deelnemers moesten zelf een, in verhouding tot de prijzen van tegenwoordig, niet hoge deelnemerssom betalen. Het kamp kent daarnaast veel sponsors. Zo kregen we alle films die we nodig hadden van Agfa-Gevaert. Andere sponsors waren o.a. Bayerisch Staatsministerium für Unterricht und Kultur, Astronomische Institute der Universität Bonn, Landkreis Augsburg.

Volgend jaar zal het kamp gehouden worden in de buurt van Ismaelia, in Egypte. De aanvang zal rond 10 augustus zijn, de duur drie weken. Het programma is gelijksoortig als het programma van dit jaar. Eén van de excursies zal een tocht naar de Sinaï-woestijn zijn, terwijl eigen tochten mogelijk zijn na het kamp. Er zal een groepsvlucht met een speciale gereduceerde prijs worden geregeld vanuit Frankfurt. Geïnteresseerde jonge amateurastronomen (16-23 jaar), kunnen, liefst zo snel mogelijk, contact opnemen met:
H. J. Becker
Birrekoven 30
D - 5305 Alfter
Duitsland



De hemel in februari

F. REIJMERINK

Planeten

Mercurius bereikt zijn grootste oostelijke elongatie op 2 februari; de hoekafstand tot de zon bedraagt dan 18°19′. De planeet is derhalve 's avonds kort na zonsondergang boven de zuidwestelijke horizon te vinden, met enige moeite met het blote oog, doch zeker met een verrekijker of telescoop.
Rond de 2e februari gaat Mercurius zo'n één uur en drie kwartier na de zon onder.
Op 17 februari de kleine binnenplaneet alweer in benedenconjunctie met de zon.
De hoekafstand van **Venus** tot de zon is op 10 februari nog slechts 14°; de planeet is dus niet meer waarneembaar. We moeten tot juni wachten alvorens de planeet als avondster boven de westelijke horizon verschijnt.
Mars bevindt zich nog steeds te dicht in de buurt van de zon om waargenomen te kunnen worden. We zullen nog tot eind juli geduld moeten hebben, dan verschijnt de rode planeet weer aan de oostelijke ochtendhemel.
Jupiter komt deze maand reeds in de avond boven de horizon; op 10 februari is de opkomst om 22h en op het einde van de maand om 20h30m.
De helderheid van de reuzenplaneet neemt nog toe: van −1,8 tot −2,0 m. De schijnbare equatoriale diameter van het planeetschijfje is half februari 41,5 boogseconden.
Op 19 februari vindt de tweede van de drievoudige conjunctie van Jupiter met Saturnus plaats; de dichtste nadering vindt plaats om 8h MET. Jupiter staat dan 1°09′ ten zuiden van de planeet-met-de-ringen.
Twee dagen later, op 21 februari voegt de maan zich bij het planetenduo, tijdens de eigenlijke conjunctie, om 24h, staat de maan 3° ten noorden van Jupiter.
Saturnus staat, zoals we hierboven reeds zagen, in de buurt van Jupiter aan de hemel in het sterrenbeeld Maagd.
Saturnus is echter 3,8 magnituden lichtzwakker dan Jupiter. De schijnbare afmeting van de grote as van de ringen is echter iets groter dan de schijnbare equatoriale diameter van Jupiter: 42,4 boogseconden op 10 februari. De conjuncties met Jupiter en de maan zijn hiervoor reeds bij Jupiter beschreven.
Titan bereikt zijn grootste oostelijke elongaties op 11 en 27 feb., en de grootste westelijke elongaties op 3 en 19 februari.

Kometen

Komeet 1980 s-Lovas is op 5 dec. j.l. ontdekt door de Hongaarse astronoom M. Lovas van het Konkoly observatorium. De komeet die ten tijde van zijn ontdekking nabij α Lyn stond had een helderheid van magn. 17.

W. A. Bradfield ontdekte op 17 dec. 1980 zijn elfde komeet: **1980 t-Bradfield.**
De komeet had een helderheid van magnitude 6 en stond aan de ochtendhemel in het sterrenbeeld Schorpioen. Onderstaande efemeriden zijn berekend door Brian G. Marsden.

Datum	α_{1950}	δ_{1950}	m_1
5 feb	21ʰ 45ᵐ 60	+6° 43′ 2	10,5
10 feb	21ʰ 52ᵐ 50	+7° 14′ 1	
15 feb	21ʰ 58ᵐ 58	+7° 42′ 4	11,5
20 feb	22ʰ 04ᵐ 04	+8° 09′ 5	
25 feb	22ʰ 08ᵐ 98	+8° 35′ 9	12,4

1980 t ging reeds op 29 december door zijn perihelium op een afstand van 0,26 AE van de zon. De komeet had op 13 jan. j.l. een helderheidsuitbarsting; de kans is daarom groot dat hij in februari helderder is dan hierboven aangegeven.

De in het Engelse Northampton wonende amateur-astronoom Roy Panther die al **33 jaar** lang 's avonds, na zijn vervulde dagtaak als drukker, tevergeefs naar kometen zocht, had in de nacht van eerste op tweede kerstdag plotseling succes. Dicht in de buurt van de ster Wega vond hij een komeet met een helderheid van magnitude 10: **1980 u-Panther.**
Onderstaande efemeriden voor 1980 u zijn berekend door H. Feyth.

Datum	α_{1950}	δ_{1950}	m_1
5 feb	19ʰ 13ᵐ 9	+56° 59′	8,5
15 feb	19ʰ 22ᵐ 9	+65° 52′	8,5
25 feb	19ʰ 34ᵐ 5	+74° 24′	8,5
7 mrt	20ʰ 06ᵐ 2	+85° 18′	8,5

Op 11 maart zal de komeet op een afstand van minder dan één graad langs de poolster bewegen.

Maan	
Nieuwe Maan:	4 feb 23h 14m
Eerste Kwartier:	11 feb 18h 49m
Volle Maan:	18 feb 23h 58m
Laatste Kwartier:	27 feb 02h 14m

Maan

Datum	Maan op	Maan onder
5 feb	08h 38m	18h 21m
10 feb	10h 52m	–
15 feb	14h 12m	05h 38m
20 feb	19h 47m	08h 37m
25 feb	00h 09m	10h 23m

Tijdstippen in **MET**

Zon

Datum	Zon op	Zon onder
05 feb	8h 13m	17h 34m
10 feb	8h 05m	17h 44m
15 feb	7h 55m	17h 53m
20 feb	7h 45m	18h 02m
25 feb	7h 34m	18h 12m

Tijdstippen in **MET**

Sterrentijd en Juliaanse datum

De sterrentijd in onderstaande tabel geldt voor de meridiaan van Greenwich en 0h UT

Datum	Sterrentijd. h m s	Juliaanse datum 2444-
5 feb	9 00 14	640,5
10 feb	9 19 57	645,5
15 feb	9 39 40	650,5
20 feb	9 59 22	655,5
25 feb	10 19 05	660,5

Nevenstaande sterrenkaart geeft de sterrenhemel weer zoals die zich in februari aan ons vertoont.
De juiste tijdstippen waarvoor het kaartje geldt zijn af te lezen in de tijdbalk onder het kaartje (1 februari – 22h MET enz.). De sterrentijd waarvoor het kaartje is getekend, is 8h en geldt voor de coördinaten N.B. = 52° 5′ en O.L. = 5° 8′ (Utrecht).

Magnitudeschaal

-1 0 1 2 3 4 5

Noord

Oost

West

Zuid

Draak
Cepheus
Cassiopeia
Kl. Beer
Poolster
Andromeda
Boötes
Perseus
Ram
Gr. Beer
Voerman
Stier
Leeuw
Tweelingen
Saturnus
Kreeft
Orion
Grote Hond

75
60
45
30
15
0
-15
-30°
9h
8h
7h

13h 12h 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13h MEZT
12h 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12h MET

21 11 21 11 21 11 21 11 21 11 21 11 21 11 21 11 21 11 21 11 21 11 21 11
1 juli 1 juni 1 mei 1 apr 1 mrt 1 feb 1 jan 1 dec 1 nov 1 okt 1 sep 1 aug

Kernafval ook in diepzeebodem?

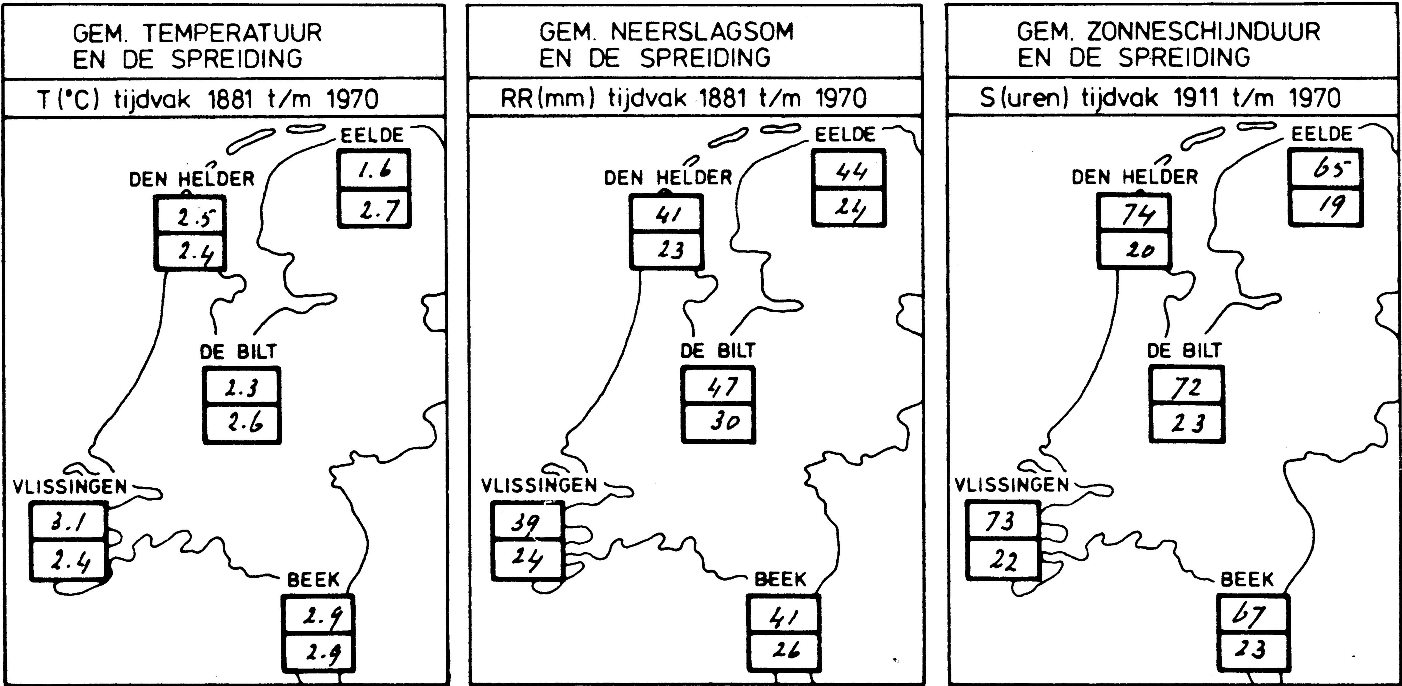
De H. M. 'Tijdeman', het oceanografisch onderzoekingsschip van de Koninklijke Marine, is midden oktober 1980 vertrokken naar de Atlantische Oceaan voor een onderzoek naar de mogelijkheden om radioactief afval op te bergen *in* de diepzeebodem. Tot nu toe is het radioactieve afval door diverse landen, waaronder Nederland, gestort *op* de diepzeeboden. Vanaf de 'Tijdeman' zullen onder meer seismische metingen worden verricht en monsters van de zeebodem worden genomen. De expeditie vindt plaats in het kader van een onderzoekprogramma van het Kernenergie-agentschap NEA (Nuclear Energy Agency). Van de NEA zijn behalve Nederland, ook de Verenigde Staten, Canada, Engeland, Frankrijk en Japan lid. De resultaten van het onderzoek zullen in NEA-verband worden besproken. Overigens verwacht het ministerie van economische zaken geen definitieve uitspraak over de vraag of de oceaanbodem al dan niet geschikt is voor het opbergen van Kernafval vóór 1990. De expeditie van de 'Tijdeman' start onder leiding van prof. dr. B. J. Collette (Vening Meinesz Laboratorium voor Geofysica, Utrecht). Verder nemen wetenschapsmensen van de R.U. Utrecht en van de Rijksgeologische dienst aan het onderzoek deel.

De milieuorganisatie 'Greenpeace' heeft nu al aangekondigd zich te zullen verzetten tegen 'alle misbruik van de oceaanbodem', dus ook tegen deze wijze van het opbergen van het radioactief afval. Kernafval, aldus Greenpeace, dient vanwege de extreem lange tijd dat het voor de mens gevaar oplevert voor altijd van de biosfeer gescheiden te blijven. De diepzee biedt deze garantie niet. Grondstoffenwinning (diepzeemijnbouw) en diepzeevisserij zullen in de nabije toekomst worden geïntensiveerd en vormen mogelijke wegen waarlangs de radioactieve stoffen de mens weer kunnen bereiken. Greenpeace zegt zich in deze opvatting gesteund te weten door vooraanstaande oceanografen.

(BZ/ANP-bericht, 10 okt. 1980)

Klimatologische informatie voor februari

(gegevens verstrekt door het KNMI te De Bilt)



De kans dat een in februari op te treden waarde méér van het gemiddelde afwijkt dan de spreiding bedraagt ongeveer 32%

Klimatologische gegevens februari (De Bilt)

jaar	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	normaal	hoogst	jaar	laagst	jaar	sedert
T	3,8	3,6	2,9	4,6	3,1	2,9	4,9	1,1	−0,9	4,8	2,0	6,5	1867	−6,7	1956	1735
RR	41	32	78	30	18	23	96	23	51	55	52	174	1946	4	1890	1849
S	60	42	47	87	135	51	63	68	41	59	69	135	1975	28	1926	1899

T = gemiddelde temperatuur in gr. C
RR = hoeveelheid neerslag in millimeters
S = hoeveelheid zonneschijn in uren
normaal = gemiddelde over de periode 1931 tot en met 1960
alle getallen gelden voor het tijdvak 0-24 uur (U.T.)

NAMEN EN ADRESSEN

Nederland

Stichting 'De Koepel'
Voorzitter: Dr. T. de Groot
Sekretaris: Ir. D. de Hoop
Penningmeester: K. J. van Ameron-gen
Leden: W. Gielingh, Dr. P. J. Gathier, H. D. Cotterell, G. Schilling en E. K. Wubbena
Adres sekretariaat: Nachtegaalstraat 82-bis, 3581 AN Utrecht

Bureau 'De Koepel', Nachtegaalstraat 82-bis, 3581 AN Utrecht, telefoon 030-311360
Stafmedewerker:
Drs. M. M. A. Drummen
Stafmedewerker: F. Reijmerink
Administrateur:
H. G. M. Verstappen
Sekretaresse: mevrouw J. D. van Middelkoop-Alberts
Redactieadres ZENIT:
Bureau 'De Koepel'

Nederlandse Vereniging voor Weer- en Sterrenkunde
Voorzitter: E. K. Wubbena, Sekretaris: A. H. van der Brugge. Adres: Einsteinstraat 9, 2871 KW Schoonhoven. Penningmeester: S. J. Sampiemon. Leden: T. de Groot, H. R. A. Wessels, H. W. Verheijen, consul voor de afdelingen, W. F. Gielingh, B. W. M. van Sprang, K. C. J. van den Ende

Instrumentenkommissie:
Voorzitter: C. van Essen, Westlandseweg 5, 2624 AA Delft
Sekretaris: A. Walrecht, Runmolen 33,
1833 GH Alkmaar, tel. 072-113559

Stichting Volkssterrenwacht Simon Stevin
Voorzitter: prof. dr. C. de Jager
Sekretaris: Dr. P. J. Gathier, Oosteinde 183, 2271 EE Voorburg
Penningmeester: K. J. van Ameron-gen
Leden: P. A. M. Sanders, J. A. F. de Rijk, drs. Chr. Titulaer, mr. P. van Vollenhoven

Volkssterrenwacht Simon Stevin, 4741 SK Hoeven N.B., Bovenstraat 89, telefoon 01659-2439
Directeur: Th. M. Vermeesch
Medewerker: J. Jacobs
Medewerker: A. Edelbroek

Nederlandse Vereniging voor Ruimtevaart
Sekretariaat: Nachtegaalstraat 82-bis, 3581 AN Utrecht

Werkgroepen:
Meteoren
Secretaris: P. S. M. Nieskens, van Geerstraat 3, 2351 PL Leiderdorp
Sectie Beginners en visuele sectie: J. v.d. Laan, W. Schuylen-burglaan 23, 3571 SB Utrecht; tel.: 030-719649
Visuele sektie:
W. Boland, Damstraat 27, 3531 BR Utrecht
Veranderlijke Sterren
Sekretaris: G. Comello, Sterrenkundig Laboratorium Kapteyn, Postbus 800, 9700 AV Groningen. Tel. 050-116677

Weer-amateurs
Sekretaris: W. Brinksma, Strausslaan 436, 2551 NK Den Haag
Jongerenwerkgroep
Sekretaris: Charles Versnick, Dr. Lelylaan 5, 1271 LG Huizen
Bureau van de JWG: B. van Sprang, Prunuslaan 13, 2641 AW Pijnacker
Sterbedekkingen
Voorzitter/waarnemingsleider: D. Schmidt, Groen van Prinstererlaan 25, 1272 GB Huizen, tel. 02152-51982; secretaris: J. J. B. van Eijk van Voorthuijsen, Abel Tasmankade 9, 2014 AD Haarlem, tel. 023-241781
Kunstmanen
Sekretaris: G. A. Nehrstede, Rietvoorndaal 43, 2553 NJ 's-Gravenhage, tel. 070-230564
Kometen
Sekretaris: E. P. Bus, Oosterbadstraat 24, 9726 CL Groningen, tel. 050-134211
Instrumentenbouw
Groepsleider: H. G. J. Rutten, Boerenweg 32, 5944 EK Arcen

Fotografie
J. Gijsbers, Duizelseweg 14, 5521 AC Eersel
Algemene sterrenkunde
P. W. Jannink (secr.), François Mauriceweg 117, 3731 BB De Bilt, tel. 030-764270

Zon
R. J. Brotherhood, Leeuweriklaan 25, 2566 JC Den Haag. Tel. 070-553843 of 070-716752 (werkdagen)

Landelijke Samenwerkende Volkssterrenwachten
Voorzitter: J. B. Voet, Zuideinde 195, 1511 GD Oostzaan
Sekretaris: H. D. Cotterell, Peerdsbroek 45, 4824 BL Breda, tel. 076-410735
Penningmeester: B. Mastenbroek
Aangesloten volkssterrenwachten
– Bussloo, Bussloselaan 4, 7383 RP Bussloo, Voorst (Gld.) tel. 05716-577
– Copernicus, Overtonstraat 47, 2024 XJ Haarlem, tel. 023-253571
– Drenthe, Postbus 188, 7800 AD Emmen, tel. 05910-23662
– Hercules, Sittarderweg 149, 6412 CE Heerlen, tel. 045-721412
– Philippus Lansbergen, Herengracht 52, 4331 PX Middelburg, tel. 01180-11664
– Rijswijk, Petronella Voûtestraat 389, 2286 VB Rijswijk Z.H., tel. 070-931143
– Twentse Volkssterrenwacht, Mekkelhorsterstraat 45, 7591 NA Denekamp, tel. 05413-2223
– Saturnus, Frans Halsstraat 4, 1701 JL Heerhugowaard, tel. 02207-17323
– Vesta, Zuideinde 195, 1511 GD Oostzaan, tel. 02984-1468

Overige instellingen
Volkshogeschool Overcinge, Overcingelaan 5, 7971 RC Havelte, tel. 05214-1541 of 1407
Natuurmuseum Coenraad ter Kuile, M. H. Tromplaan 19, 7511 JJ Enschede, tel. 053-323409

Stichting Macro Centrum Amsterdam, Nieuwe Teertuinen 17, Postbus 9020, 1006 AA Amsterdam, tel. 020-866032
Stichting Amateur Astronomie Lochem, S.A.A.L. Volkssterrenwacht 'Phoenix'. Edwin Bennett (secr.) tel. 05730-1013.

België

V.V.S. Vereniging voor Sterrenkunde
Bestuur
Voorzitter: Dr. T. Dethier, Roosterstraat 6, 3510 Hasselt
Ondervoorzitter: Lic. J. Meeus
Sekretaris: Dr. W. de Rop, Ringlaan 3, 1180 Brussel
Penningmeester: Dr. J. Denoyelle, Ringlaan 3, 1180 Brussel
Postrekening van de V.V.S.: 000-0484925-22
JVS-nationaal: p/a G. Speleers, Bergstraat 40, 8570 Anzegem (tel.: 056/688745)

Werkgroepen (adressen van de werkleiders)
Astrofotografie: Luc Vanhoeck, Violetstraat 13, 2670 Puurs
Kunstmanen: I. van den Broeck, Waarloossteenweg 35, 2570 Duffel
Meteoren: P. Roggemans, Dellingstraat 25, 2800 Mechelen.
Planeten: A. A. Verschraegen, Lindenpark 26, 9720 De Pinte.
Ruimtevaart: Dr. E. Aerts, BIRA, Ringlaan 3, 1180 Brussel (tel. 02/3752462)
Sterbedekkingen: R. Laureys, Herestraat 5, 3721 Vliermaalroot.
Veranderlijke Sterren: F. van Loo, Lierse steenweg 66, 2598 Itegem (tel. 015/246248)
Weerkunde: L. Landuyt, Beatrijsstr. 9, 2580 Sint-Katelijne-Waver
Zon: C. Vanderzande, Laurierstraat 18, 3500 Hasselt
Prometheus (strijd tegen de pseudowetenschappen):
Lic. J. M. Gantois, Nelelaan 13, 2120 Schoten.
Redactie Heelal en Hemelkalender en inlichtingen over klassieke hemelverschijnselen:
J. Meeus, Heuvestraat 31, 3071 Erps-Kwerps

Volkssterrenwachten België
Mira, Abdijstr. 20, 1850 Grimbergen (Brussel), tel. 022-691280
Peter Plancius, Streekhuis, Dorpstraat 12, 8948 Kemmel, tel.: 057-444710
Urania, Mattheessenstraat 62, Hove bij Antwerpen, tel. 031-553422
Limburg, Nieuwstr. 101, 3600 Genk

Hunebedden

Op pagina 259 van Zenit 1980 staat een verzoek om hulp voor het onderzoek van de heer Koning aan hunebedden, ingeleid door een stuk van G. W. E. Beekman. Wat mij verbaast is de geringe hoeveelheid informatie voor de lezer. De heer Koning heeft gevonden dat 'vele hunebedden binnen 2° nauwkeurig naar een ander hunebed wijzen'. Omdat verdere toelichting ontbreekt lijkt het me nuttig het volgende op te merken: alleen al voor de Nederlandse hunebedden mag men, op grond van het toeval, verwachten dat in 60 à 70 gevallen (wat is veel?) een hunebed binnen 2° nauwkeurig naar een ander wijst, ook als ze met willekeurige oriëntatie opgericht zouden zijn. Voor het genoemde onderzoek uitgebreid wordt is het misschien raadzamer eerst na te gaan wat op grond van bestaande kennis of theorie voor de oriëntaties verwacht mag worden; ook al omdat de door de heer Koning veronderstelde kennis van de hunebedbouwers niet iedereen even plausibel zal voorkomen.

H. Sallé (Bussum)

Een compliment voor onze astronomen

In een vraaggesprek voor de radio liet één der beide sprekers zich iets 'ontvallen' dat ik graag ter kennis van onze lezers wil brengen. De spreker was Dr. Bastet, de Couperuskenner en – wonderlijke combinatie – vakarcheoloog. De interviewende journalist bracht het gesprek op het ontbreken van populariserende boeken op het gebied van de archeologie een gebied dat zoveel belangstelling ondervindt van het grote publiek. Dr. Bastet erkende dat de kring der vakarcheologen een kleine kring was met weinig behoefte tot popularisering van hun wetenschap. En nu komt het! Hij kon geen verklaring geven van dit feit en bracht naar voren dat hij, hoewel geen overzicht hebbend over andere wetenschappen, toch wel de indruk had dat bij andere wetenschappen en hij noemde plantkunde, dierkunde en sterrenkunde wél een aandrang tot popularisering bestaat. Waarvan acte.

H. W. Verheijen
(Rotterdam)

Planeten en sterren bij daglicht?

Op 21 mei 1980 gelukte het ondergetekende de planeet Jupiter overdag te zien, waarvan hieronder een verslag volgt. Tevens zullen in dit artikeltje de mogelijkheden van het overdag waarnemen van sterren en andere planeten dan Jupiter onder de loep worden genomen.

H. Bril

De planeet Venus is het hemellichaam dat (afgezien van de Zon en de Maan) het gemakkelijkst bij daglicht gezien kan worden. Het is zelfs eenvoudiger dan men denkt.
Het probleem bij Venus is niet dat de helderheid te gering is, maar dat de waarnemer de positie van de planeet niet nauwkeurig genoeg weet. Vandaar dat veel waarnemers de planeet pas overdag zien als Venus in conjunctie is met de Maan. Heeft een waarnemer de planeet eenmaal overdag gevonden, dan zal hij verbaasd staan over de toch nog goede zichtbaarheid (Ook al is de lucht sterk verlicht en de uittreepupil van de ogen zoveel kleiner dan s'avonds). Heeft men de planeet eenmaal gevonden, dan is het niet moeilijk om haar terug te vinden: men weet immers waar Venus t.o.v. de Zon staat.
Men kan Venus gedurende een groot gedeelte van haar avond- (of ochtend-) verschijning overdag met het blote oog zien, afgezien van een korte tijd omstreeks de boven- (of onder-) conjunctie. Het is dus niet zo dat de planeet alleen gezien kan worden als zij haar grootste helderheid (magnitude −4,4) bezit. Ikzelf heb haar eens gezien toen zij van magnitude −3,7 was, en waarschijnlijk zijn er genoeg lezers die de planeet waargenomen hebben toen zij even helder of zwakker was. Overigens, voor het overdag waarnemen van Venus hoeft men niet in de schaduw te staan; in de volle zon gaat het ook. Bij de avondverschijning van Venus 1980 is het mij een aantal keren gelukt de planeet overdag met het blote oog te zien te weten: 5 maart (13^h30^mUT), 24 april (12^h40^m), 3 mei (12^h30^m), 9 mei (12^h00^m), 11 mei (13^h00^m), 15 mei (12^h30^m), en 19 mei (12^h40^m). Het blijkt dus: Venus is overdag goed met het blote oog te zien.

Mars

De planeet Mars kan bij de gunstigste oppositie van m −2,7 worden, maar staat dan natuurlijk niet op klaarlichte dag boven de horizon. We zullen dan dus moeten wachten totdat de planeet een zodanige elongatie heeft dat hij wel overdag ver boven de horizon staat. We komen dan uit nabij het tijdstip dat de planeet in kwadratuur met de Zon is. Maar dan is er van de tamelijke grote helderheid weinig meer over, zodat het overdag waarnemen van Mars met het blote oog uitgesloten geacht mag worden.

Jupiter

Er zullen vrij veel lezers zijn die Venus overdag hebben waargenomen met het blote oog, maar het aantal dat dat ook kan zeggen van Jupiter is waarschijnlijk zeer gering. Ikzelf heb er nooit aan willen geloven, tot 21 mei 1980. Die dag namelijk was er 's avonds een vrije nauwe conjunctie tussen de Maan en de reuzenplaneet; en het was me duidelijk dat *als* het mogelijk zou zijn, het *dan* zou moeten lukken (als het weer maar zou willen meewerken).
Die middag zag het er gunstig uit, en om 16^h20^m UT (zonhoogte 27°) begon ik mijn speuractie, in een makkelijke stoel gezeten en de omgeving van de Maan afspeurend. Ik wist wel ongeveer waar Jupiter stond, maar kon hem niet vinden. Ten einde raad nam ik mijn 10 × 70 binoculair, zette deze op statief en richtte hem op de Maan. En ja, om 16^h24^m vond ik de planeet als een bleek vlekje, maar toch nog tamelijk helder. Nu wist ik zeker waar Jupiter zich ten opzichte van de Maan bevond.
Ik legde mijn 10 × 70 binoculair weg en keek opnieuw. Nog steeds niets! Ik probeerde het nu met allerlei nuttige en onnuttige methoden, (o.a. door lange kartonnen kokers kijkend), maar telkens zonder resultaat. Teleurgesteld trok ik mij terug op mijn studeerkamer, maar besloot het nog één keer te proberen, en wel door de ruit van mijn studeerkamer. Plotseling, om 17^h02^m (zonshoogte 21°), ving mijn oog een priempje licht op. Was dat Jupiter (die van magnitude −1,7 was) of verbeelding? Het was Jupiter, die ik gedurende 13 minuten af en toe bij de Maan zag staan. Om 17^h15^m maakte ik een schets, en pakte vervolgens de 10 × 70 binoculair, die mij inderdaad Jupiter toonde op de plaats waar ik hem ook op de schets had staan. Toen ik om 18^h15^m (zonshoogte 18°) opnieuw ging kijken was Jupiter zonder moeite als een sterretje bij de Maan te vinden, i.t.t. 17^h02^m, toen het moeizaam ging. Uit bovenstaande blijkt in ieder geval wel dat de aanhouder wint en dat de meest comfortabele waarnemingsplaats niet altijd de beste is.

In *'Astronomy with binoculars'* (1976) staat een waarneming vermeld van een Venus-Jupiter conjunctie die gedaan werd vanuit een fabrieksraam! Prof. Minnaert schrijft dat het al iets bijzonders is als men Jupiter kan waarnemen bij een zonshoogte van 10°. We mogen stellen dat voor het overdag waarnemen van Jupiter met het blote oog er aan een aantal voorwaarden voldaan moet worden: Het moet zeer helder zijn, en ook de planeet moet zo helder mogelijk zijn; men moet op de juiste plaats zijn;
men moet een referentie-object hebben: de Maan of (desnoods) Venus. Een andere manier is om Jupiter voor zonsopkomst te observeren, en dan deze planeet zo lang mogelijk te blijven volgen. In de praktijk is deze methode echter minder bruikbaar, omdat men de planeet meestal al gauw 'kwijt is', vooral als er verder geen referentiepunt aanwezig is.

De sterren?

Af en toe duiken verhalen op over sterren (en dan bedoel ik geen novae of supernovae) die overdag te zien zouden zijn. Het betreft dan Sirius, Wega, Procyon of andere heldere sterren. Keiharde bewijzen voor deze mogelijkheid zijn echter nooit geleverd. Het bekendst is wel het verhaal van de diepe put van waaruit de klassieke waarnemers enkele sterren zouden hebben gezien. Het verhaal van de put wordt in *'Het Rijk der Sterren'* (1905) van Flammarion terloops aangehaald. Professor Minnaert zet grote vraagtekens hierbij, want het enige voordeel dat men heeft is dat het oog minder last heeft van licht uit de omgeving, terwijl het gebied waarnaar men kijkt verlicht blijft. Roth ontkent het verschijnsel keihard en noemt het een sprookje. Toch steekt het verschijnsel nog geregeld de kop op, en misschien is het nuttig als er eens een onderzoek naar verricht wordt. Maar welke (amateur-) astronoom wil om zoiets uit te zoeken een tijd lang in een put gaan zitten?

Rectificaties

Op blz. 439 in het novembernummer (1980) van *Zenit* zijn in het artikel 'Radioverschijnselen als boodschappers uit de zonnecorona (2)' twee figuren aan de rechterzijde van die bladzijde verkeerd geplaatst. De twee registraties op frequenties 198.3 en 199.7 MHz hadden als figuur 9 bovenaan moeten staan en de afbeelding bovenaan had als figuur 12 onderaan afgedrukt moeten worden. Verder is de onderste figuur abusievelijk geplaatst.
Tenslotte is ook de naam van de auteur J. M. E. Kuijpers verkeerd afgedrukt: In de inhoudsopgave als J. M. E. Kuyper en boven de titel als J. M. E. Kuypers (y-grec in plaats van ij).

In het artikel over 'Radio-astronomische waarneemtechnieken' in het afgelopen novembernummer van Zenit is op blz. 421 een stukje tekst weggevallen. In de witruimte onderaan de linker kolom had het volgende moeten staan:
c) *De Fourier-spectrograaf.* De hierboven beschreven lijnontvangers, uitgevoerd als meerkanaals-spectrografen, zijn niet erg flexibel; het wijzigen van eigenschappen om te voldoen aan speciale wensen ten aanzien van bepaalde waarnemingen is tijdrovend . . . (en zo verder in de tweede kolom bovenaan).

(red.)

Leveringsprogramma Stichting De Koepel

Aanvulling en correctie op het programma zoals afgedrukt in *Zenit* 1980, nr. 9.
Alle produkten kunt u bestellen door het vermelde bedrag over te maken op giro 3191545 (in Nederland) of 000-1168383-18 (in België) onder vermelding van het gewenste (code of omschrijving).

Nieuwe boeken, posters en dia's

B 136 Gepolariseerd licht in de natuur, G. Können — *f* 49,50
B 137 Sterrenkunde in de geschiedenis, T. Spoelstra — *f* 20,—
B 138 Grosses Lexikon der Astronomie, J. Herrmann — *f* 75,—
B 139 Astronomical formulae for calculators, J. Meeus — *f* 15,—
B 140 Handleiding bij berekeningen in de sterrenkunde en geodesie, W. de Rop — *f* 10,—
B 141 Planetenatlas, P. Doherty (voor de waarnemer) — *f* 49,50
B 142 Het stralend heelal, M. Martin en J. Chesterman — *f* 29,50
B 143 Astrofotografie als Hobby, Knapp en Hahn (Duits) — *f* 45,—
B 144 Images of Mars, Viking extended mission (NASA) zw.-w. foto's Orbiter en Lander, mozaïeken en fijne details. (32 pag.) — *f* 9,25
B 145 Astronauten zijn ook mensen, P. Smolders, 100 vragen en antwoorden over ruimtevaart, 226 pag. Voor de jeugd. — *f* 18,50
B 37 Leven in het heelal, Chr. Titulaer — *f* 27,—
(Het boek 'Leven op andere planeten' is uitverkocht)
B 68 Textbook on spherical astronomy, W. M. Smart, boek voor de rekenaar. In plaats van het uitverkochte 'Positional Astronomy' — *f* 70,—
JWG 55, De Zon, A. Boshoven, brochure 38 pag. — *f* 7,50
Poster Space Shuttle (gevouwen) — *f* 10,—
Poster Solar System (gevouwen), code Hal 2 — *f* 17,—
Diaseries over de Zon: alle in kleur
Zon, Set A, 20 opnamen (Corona, protuberansen, komeet Kohoutek, magnetogram, parelsnoerverschijnsel) — *f* 32,—
Zon, Set C, 20 opnamen (protuberansen-serie, magneetveld, zonnevlammen, spektrum protuberans) — *f* 32,—
Prijs voor de 3 sets samen: — *f* 93,—

Teleskoopspiegels:
15 cm, F/5, afhankelijk van de kwaliteit: *f* 485,– of *f* 585,–
20 cm, F/6: *f* 600,– en 20 cm, F/5: *f* 675,–
Parallactische montering met worm en womrwiel, geschikt voor teleskoop tot circa 10 cm: *f* 650,–.

Aanbieding
Het boek Apollo, Dossier van het projekt (64 pag.), van Ch. Titulaer en R. Spoor is tijdelijk verkrijgbaar voor *f* 17,50 (normale prijs *f* 23,–). Bestelcode B 13.

Prijswijzigingen
JWG 10 nu — *f* 12,50
Aardglobe — *f* 280,—

Uitverkocht
B 32, B 37 (zie boven), B 48, B 68 (zie boven), B 121, B 123, JWG 15 en JWG 17.

MEDEDELINGEN

Symposium Rakettechniek

Op woensdag 8 en donderdag 9 april 1981 wordt er aan de Koninklijke Militaire Academie in Breda een symposium 'Rakettechniek en Ballistiek' gehouden. Op de tweede dag van dit symposium worden militair geclassificeerde onderwerpen behandeld, en zullen de zittingen besloten zijn. De eerste dag is echter voor iedere belangstellende toegankelijk. 's Morgens worden, binnen het onderwerp *Raket- en satellietbanen,* de volgende voordrachten gehouden: *Ariane, eerste trap terugwinnen* door ir. M. P. Nieuwenhuizen (Fokker); *Laser-afstandsmetingen naar satellieten voor geofysisch onderzoek* door ir. K. F. Wakker (TH Delft); *Periodic lunar swingby orbits* door ir. J. W. Cornelissen (ESTEC) en *Standbeveiliging IRAS* door dr. L. Karsten (Fokker). 's Middags worden een vijftal voordrachten gehouden binnen het onderwerp *Inwendige ballistiek en voortstuwing.*

Belangstellenden kunnen een aanmeldingsformulier voor het symposium aanvragen bij de secretaris van de organisatiecommissie, de vaandrig ir. D. G. de Gruyter, tel. 076-223911 tst. 2143. De kosten voor deelname aan de eerste symposiumdag bedragen, inclusief lunch, verfrissingen en verslag, *f* 20,– per persoon, en dienen na aanmelding en uiterlijk op 15 maart 1981 te worden overgemaakt op gironummer 1102035 t.n.v. Korpsadministrateur Breda onder vermelding van 'Symposium R & B'. De eerste symposiumdag duurt van ca. 9 uur tot 19 uur (de deelnemers wordt een aperitief en koud buffet aangeboden) en wordt gehouden aan de KMA, Kasteelplein 10, Breda.

Fotowerkgroep

De volgende bijeenkomst van de Fotowerkgroep zal gehouden worden op 14 februari a.s. te 11 uur. Plaats: Laboratorium voor Ruimteonderzoek, Churchilllaan 51, Utrecht; bereikbaar vanaf het Centraal Station met lijn 7 of 20.
Onderwerpen: Sensibiliseren van films en nevelfilters.

Rectificaties H-R-diagram

In het artikel *Het Hertzsprung-Russell-diagram* van Jan Brand en Tim de Zeeuw (*Zenit* 12, p. 483) zijn een aantal storende fouten geslopen. Met verontschuldiging voor het hierdoor veroorzaakte ongemak volgen hieronder enkele correcties.
In fig. 1 (p. 483) moet de letter m aan de rechterzijde vervallen.
In het bijschrift van fig. 3 (p. 484) leze men evolutie in plaats van revolutie. Tevens is het teken ⊙ voor zon bij $M_\odot$ niet juist weergegeven.
Bij het diagram rechtsboven op p. 486 is de aanduiding *Fig. K2* weggevallen, en moet een minteken geplaatst worden bij de eerste waarde op de B-V-as.
In fig. K1b op p. 486 zijn langs beide assen de decimale punten tussen de cijfers weggevallen, evenals langs de horizontale as in fig. 6 (p. 488).
De formule in de eerste kolom van p. 489 moet luiden: $(V_1 - V_2) = 5 \log (d_1/d_2)$.
In fig. 8 (p. 490) ontbreekt een minteken bij het getal 1.0 op de linker verticale as.
De onderste regels van de eerste kolom van p. 490 leze men als volgt:

$$R = 1180 \sqrt{\frac{L}{(T_{eff})^4}} \text{meter}$$

en dus
$\log R = \frac{1}{2} \log L - 2 \log T_{eff} + 3{,}07$

Oplossing Astronomisch Cryptogram

(Zenit 6-1980, pag. 244)
Horizontaal
1. Cap. 2. Io; RRLyr; hoogte. 3. RV; jet; dag. 4. aspekt; absolute. 5. Sterne; Triton. 6. penumbra; taurus. 7. asa; SBa; AE. 8. Kleine; Irene; UV. 9. Rus.
Vertikaal
1. Corvus; stelsel. 2. Praesepe; UT; Mic. 3. Planeten; Bessel. 4. Trojaan; Galaxis. 5. Thetis; rotaties. 6. Oog; BL; Trumpler. 7. Trafton; Uranus.
Er zijn geen goede oplossingen binnengekomen zodat de prijs niet wordt uitgekeerd.

Een geslaagde excursie naar Russische

De door de Volkssterrewacht 'Simon Stevin' georganiseerde excursie naar de grootste Russische Sterrenwachten is een groot succes geworden. Op zaterdag 16 augustus vertrokken we vanaf Schiphol met ruim 70 amateur-astronomen. In Moskou werd de groep in het Planetarium ontvangen en na enkele toespraken werd een demonstratie met het nieuwe planetarium gegeven.

Th. M. Vermeesch

Na Moskou werd een bezoek gebracht aan de sterrenwacht op de Krim nabij Simferopol. Dit observatorium houdt zich in hoofdzaak bezig met het zonne-onderzoek. Hiervoor heeft men o.a. de beschikking over een heliostaat met een primaire spiegel van 65 cm middellijn, die bovenin een toren van 25 meter hoogte staat opgesteld. Behalve deze zonnetelescoop bezichtigden we ook verschillende andere telescopen, waaronder de 2,6 kijker en de grote astrograaf.

Vanaf de Krim vlogen we naar Armenië waar we een bezoek brachten aan de sterrenwacht te Bjoerakan. Directeur van deze sterrenwacht is de over de gehele wereld bekende geleerde Prof. Dr. V. Ambartzumyan. De sterrenwacht, die op enige afstand van de stad Yerewan is gehuisvest, ligt op een hoogte van 1.800 meter. In 1946 is men daar begonnen met het sterre-onderzoek binnen ons melkwegstelsel en de studie van de ster-associaties en het ontstaan van sterren. Enige tijd later is men zich ook gaan toeleggen op het onderzoek van extragalactische sterrenstelsels. De sterrenwacht heeft de beschikking over een schmidt-camera waarvan de spiegel een middellijn heeft van



Fig. 1. Groepsfoto gemaakt binnen in de ring van de RATAN 600.

50 cm en een brandpuntsafstand van 2 meter. Daarnaast bezit de sterrenwacht verschillende telescopen, waaronder een grote 2,6 meter telescoop.

Na het Bjoerakan observatorium was een bezoek gepland aan de grootste telescoop ter wereld, de 6 meter reflector. Deze telescoop staat op een hoogte van 2.100 meter

Vijftig jaar Moskou-planetarium

Het planetarium van Moskou behoort tot de grootste in de Sovjetunie. De opening vond plaats in november 1929 en daarmee was het planetarium het dertiende dat in Europa werd opgericht. Het oorspronkelijke instrument is inmiddels door een moderner vervangen. Het planetarium kent een grote publieke belangstelling, zodat het een belangrijke rol speelt bij de popularisering van de sterrenkunde in dit land. Bovendien speelt het een rol bij de opleiding van ruimtevaarders.

Benny Audenaert

Ten tijde van de opening in 1929 beschikte het planetarium over een kleine en een grote hoorzaal, waar de apparatuur stond opgesteld. In de jaren vóór de Tweede Wereldoorlog werden er ook toneelstukken gespeeld met professionele acteurs. In de hoofdzaal liepen ondermeer de programma's 'Giordano Bruno' en 'Galilei'. In die tijd was men ook in de Sovjetunie begonnen met de ontwikkeling van raketten. Ook hierbij speelde het planetarium een belangrijke rol. Tussen september 1936 en mei 1937 vonden er geregeld bijeenkomsten plaats van een groep voor stratosfeeronderzoek en een in 1931 opgerichte groep voor de practische ontwikkeling van raketten. Bekende namen als Koroljov, Tichonravov en Langemak namen aan deze bijeenkomsten deel. Enkele makettes van GIRD-raketten bevinden zich nog steeds in het planetarium.

Na de oorlog werd ook aandacht besteed aan fysica en aardrijkskunde. Dit leidde tot de oprichting van bijzondere afdelingen 'fysica' en 'aardrijkskunde', later samengevoegd tot de afdeling 'onderzoek van de aarde'. Beide afdelingen brachten eigen programma's naar voren met films, dia's en apparatuur die vaak niet beschikbaar was op scholen. Vanaf 1960 werd ook begonnen met werkzaamheden op het gebied van de astronavigatie. Toekomstige kosmonauten, beginnend met Joeri Gagarin, leerden hier de sterrenhemel kennen. 's Werelds eerste ruimtewandelaar en deelnemers aan de Amerikaans-Russische ruimtekoppeling in 1975, Alexei Leonov, zei ooit eens dat de weg naar Bajkonoer (de grootste Russische lanceerbasis vanwaar de bemande ruimtevluchten vertrekken) begint in het planetarium van Moskou.

Velerlei activiteiten

Het astronomische terrein van het planetarium van Moskou werd in 1947 geopend. De

sterrewachten



Fig. 2. Het planetarium in Moskou, waarvan de koepel wordt gerestaureerd. Op de voorgrond een deel van de openluchttentoonstelling.

nabij Zelenchukskaya, een dorp met ongeveer 10.000 inwoners, gelegen aan de oostelijke oever van de grote Zelenchuk, op de noordelijke hellingen van de Kaukasus. Op ongeveer 100 km afstand van de sterrenwacht ligt in het zuidoosten de hoogste top van het Kaukasusgebergte, de Elbroez, die ruim 5.600 meter hoog is. In deze omgeving kan men per jaar rekenen op 110 volstrekt heldere nachten en 230 heldere of tamelijk heldere nachten.

De hoofdspiegel van de reuzentelescoop heeft een middellijn van 6 meter en een brandpuntsafstand van 24 meter. Met zijn openingsverhouding van 1:4 is de kijker een zeer lichtsterk instrument. De telescoop kan in het primaire brandpunt worden gebruikt, bovenin de buis. Door bovenin de kijkerbuis een secundaire bolle spiegel aan te brengen kan de brandpuntsafstand vergroot worden tot 180 meter. Deze telescoop is bij uitstek geschikt voor het onderzoek van zeer zwakke objecten, zoals ververwijderde melkwegstelsels en quasars.

Het bezoek aan deze telescoop was voor de meeste deelnemers het hoogtepunt van de reis. Onze groep was de eerste die op deze sterrenwacht ontvangen werd.

Na de grote 6 meter reflector bezochten we ook nog de 600 meter radiotelescoop die nabij het plaatsje Zelenchukskaya staat opgesteld, 20 km van de grote optische telescoop verwijderd. Deze radiotelescoop is bekend onder de naam RATAN 600 (*R*adio *A*stronomie *T*elescoop van de *A*cademie van Wetenschappen (*N*auk)). De telescoop bestaat uit 895 panelen die samen een ring vormen met een middellijn van bijna 600 meter. Ieder paneel is 2 meter breed en 7,4 meter hoog. Het totale effectieve oppervlak is 13.000 m². Elk paneel is draaibaar om een horizontale as en tevens verrijdbaar in axiale richting. Binnenin de ring, in oost-west richting, staat een kantelbare vlakke reflector opgesteld. Deze reflector, 400 meter lang en 8,3 meter hoog, is bestemd om de radiogolven, die via de panelen van de ring binnenkomen, op te vangen en via speciale 'radiospiegels' naar het brandpunt van de telescoop te sturen. De radiotelescoop functioneert in het kortegolf-gebied van het radiospectrum tussen 8 mm en 20 cm.

In Moskou is tenslotte nog een bezoek gebracht aan de Ruimtevaart-tentoonstelling. Hier zijn schitterende modellen te zien van raketten en satellieten uit het enorme arsenaal van de Russische ruimtevaart. Van Spoetniks, Luniks, Venera's, Elektron-, Proton-, Cosmos- en Molniya-satellieten tot Wostoks, Saljoets en Sojoez-ruimtevaartuigen. De gehele ontwikkeling van de Russische ruimtevaart van Konstantin Eduardovitsj Tsiolkowsky tot Sergei Pavlovitsj Korolov, de hoofdconstructeur van raketten en satellieten, wordt op deze tentoonstelling uitgebeeld.

Op maandag 1 september vertrokken we van Moskou naar Amsterdam. We kwamen thuis met een enorme hoeveelheid aan indrukken die we in die 17 dagen in Rusland hebben opgedaan. Voor velen was dit, zoals ze het zelf uitdrukten, de reis van hun leven.



De koepel van het planetarium van Moskou. Op de voorgrond is het astronomische terrein te zien waar o.a. instrumenten staan bedoeld voor amateurs.

zaken die er staan tentoongesteld kan men in twee groepen indelen. De eerste groep bestaat uit waarnemingsapparatuur, zoals telescopen, vooral bedoeld voor amateurs. De tweede groep bestaat uit apparatuur en modellen voor demonstratie-doeleinden, w.o. een aarde-maan-model, een zonnewijzer, een sterrenkaart, een hemelglobe en een 'eeuwige kalender' waarmee de dag van de week kan bepaald worden op een willekeurige datum. Een wandeling door het astronomische terrein neemt ongeveer een uurtje in beslag.

Een bijzondere plaats wordt ingenomen door de sterrenwacht. Die heeft ongeveer dezelfde functie als onze volkssterrenwachten, omdat het publiek hier gelegenheid heeft zelf door een 13 cm telescoop te kijken. Bij bewolkt weer wordt er voornamelijk gesproken over de bouw van sterrenkijkers en wordt er gekeken naar objecten op de aarde. Alle waarnemingen worden geleid door leden van de astronomische groep van het planetarium. De huidige directeur van het planetarium, Konstantin Portsevsky, is lange tijd één van de leiders van deze groep geweest.

In het planetariumgebouw werden vele jaren lang voorstellingen gegeven met het oorspronkelijke toestel uit 1929; Dit was het dertiende exemplaar van het tweede model van het Zeiss-planetarium. In 1977 werd het oorspronkelijke apparaat vervangen door een nieuw toestel, dat speciaal voor het planetarium van Moskou werd ontworpen door de Karl Zeiss-fabrieken in Jena. Het nieuwe apparaat breidde de mogelijkheden van het planetarium aanzienlijk uit. Vroeger werden de sterren op de koepel geprojecteerd als cirkeltjes met een bepaalde diameter. Nu werd als het ware een echte sterrenhemel zichtbaar gemaakt. Bijzondere aandacht werd besteed aan de helderheid van veranderlijke sterren, zoals bijvoorbeeld Algol. Speciale technieken maken het mogelijk de beweging van de vier grote Galileïsche manen van Jupiter te tonen. Bovendien kan ook de beweging van de Grote Rode Vlek aanschouwelijk worden gemaakt. Een ruimtereis naar Jupiter of Saturnus kan uitgebeeld worden enz.

(Hierbij dank ik Konstantin Portsevsky, directeur van het planetarium, voor de informatie die hij stuurde over het planetarium van Moskou.)

STERRETJES

Kleine niet commerciële advertenties. Abonnees: gratis; Voor niet-abonnees *f* 5,00 voor de eerste 10 regels of gedeelte daarvan, elke regel meer *f* 0,50.

Te koop aangeboden

* Exakta RTL 1000 met 1,8/50 lens, 2 verwisselbare zoekers, lichtmeting door de lens (wijkt system. 2 stoppen af), leren tas, handleiding. Prijs: *f* 175,–; Tokina 3,5/35 lens met Exakta bajonet *f* 50,–; eenvoudige belichtingsmeter *f* 10,–. Arie Nagel, Puthof 34, Eindhoven, tel. 040-523879.* A 12

* 103 mm refractor F 15, parall. montering op zwaar zuilstatief, fijnregeling op beide assen, 4 oculairen (7-12½ – 18 en 40 mm), 2 zenitprisma's (24,5 en 31 mm), camera-adapter met p-draad, astrocamera 200 mm, F 5,6 met een Mamya achterwand. Prijs *f* 1750,–. J. van der Meulen, Heimolen 45a, Woensdrecht. Tel. 01640-42455.* A 13

* 60 mm Polarex parall. refractor, F 900 mm, op zwaar houten statief. Oculairen 9, 12½. 18 en 25 mm. Accessoires (Polarex): roterende oculairhouder, barlowlens, zenitprisma, camaraklem, universele foto-adapter, extra zwaar tegengewicht. Het geheel in 2 stevige houten kisten. Samen met 60 mm/F 1000 mm volgkijker met bevestigingsbeugels. Prijs ca. *f* 1100,–. C. de Jong, Saffierstr. 76, Groningen, tel. 050-730222. * A 14

* Mizar reflector, telescoop met par. montering op driepoot. Opening 100 mm, F = 1000 mm. Oculair K 10, 20 en 28 mm. Camera-adapter voor primair focus of oculairprojectie. Prijs *f* 600,–. C. Huyser, Watercirkel 54, 1186 LW Amstelveen, tel. 020-459174. * A 15

* Sky and Telescope febr. 66 t/m dec. '78 (155 ex). *f* 200,–. J. Snoeren, St. Oloflaan 36, 5037 ES Tilburg. Tel. 013-670617. * A 16

* Bod gevraagd op Zeiss refractor 130 mm op statief. Brandpuntafst. 2100 mm, azimutale opstelling, veel oculairs (vergr. 46 × tot 460 ×) en omkeerprisma. Tel. 02208-4803. * A 17

* Een 130 mm, F 14 refractor, parall. opstelling met volgmotor, div. soorten onderstellen, zoeker 10 × 40. Flexibele kabels, oculairen 4-40 mm Spectros. Fotogr. adapters, 24,5 mm inschroeffilters Spectros. P. M. Peeters, Christinestr. 1, 6096 BP Grathem (L). * A 18

* Telescoop-/microscoopadapter met Canon-bajonetvatting (photo-micro-unit F), prijs *f* 45,–. A. Vermetten, Oudegracht 80, 3511 AT Utrecht, 030-316338. * A 19

Te koop gevraagd

* Eenvoudige sterrenkijker voor jongen van 12 jaar. Prijsindicatie *f* 100,– à *f* 400,–. Bij voorkeur een 11 cm Newton op statief. Inlichtingen en reakties: Arie Nagel, Puthof 34, 5655 AN Eindhoven, tel. 040-523879. * G 3

* Gevraagd een 10 à 11 cm Newtonreflector met zoeker, parall. montering en stevig statief, fijnregeling op beide assen. Beslist in goede staat. Tevens hulp gevraagd om een 15 cm f.4,6 sferische spiegel te paraboliseren (tegen vergoeding). Reakties liefst telefonisch na 18 uur: 01714-2884, L. Quaadgras, ten Katestr. 5, 2394 TB Hazerswoude. * G 4

* Zenit nrs 1, 2 en 12 van jaargang 1975. S. Terpstra, Finnepaed 5, 9054 KP Hijum. Tel. 05183-458. Vragen naar Sietse na 19 uur. * G 5

* Parallactische 100 mm refractor. Aanbiedingen na 18 uur: tel. 078-143748. * G 6

Heelal

Uit de inhoud:
februari 1981

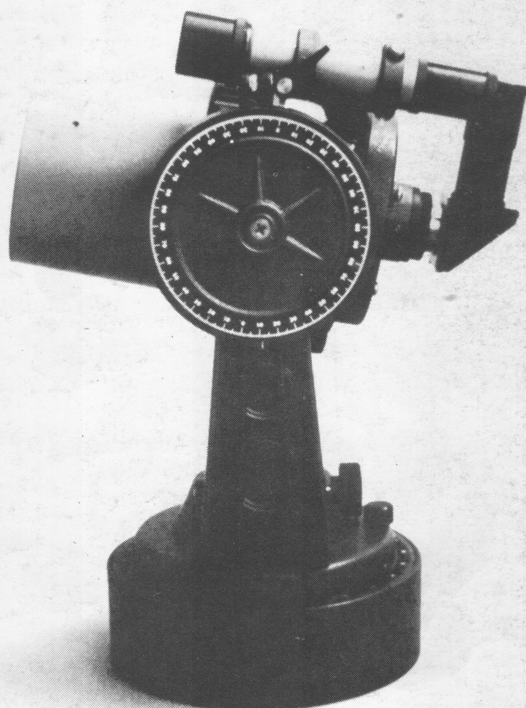
Voyager 1 bij Saturnus (met foto's).
Maanrubriek: Kies.
Deep-Sky Rubriek: M50, NGC 2261, h 3780.
V Cassiopeiae.

Bijeenkomst Werkgroep Algemene sterrekunde

Op zaterdag 21 februari a.s. is er weer een bijeenkomst, deze keer in de sterrewacht te Leiden, aanvang 13h 30m. De heer Nijenhuis zal dan de wetten van Kepler nader toelichten; dit naar aanleiding van de lezing van de heer Feyth (op de vorige bijeenkomst) over het berekenen van een efemeride van een komeet aan de hand van bekende baanelementen.

Na de pauze zal D. W. Jannink wat vertellen over zijn pogingen een baan van de komeet Encke vast te stellen via een grafische methode met behulp van eigen waarnemingen.

POLAREX, POLLUX, CELESTRON, KYOWA



ONDERDELEN VOOR ZELFBOUW

50 mm Telescoop bouwset Achromatisch objektief	f 80,–
60 mm Telescoop bouwset Achromatisch objektief	f 100,–
80 mm Telescoop bouwset Achromatisch objektief	f 175,–
100 mm Newton spiegel f/9	f 135,–
150 mm Newton spiegel f/8	f 275,–
200 mm Newton spiegel f/7	f 425,–

OCULAIREN

Orthoscopisch 4 mm	Pollux	f 67,–
Orthoscopisch 5 mm	Pollux	f 67,–
Orthoscopisch 9 mm	Pollux	f 67,–
Orthoscopisch 12½ mm	Pollux	f 67,–
Kellner 12 mm	Pollux	f 38,–
Kellner 18 mm	Pollux	f 38,–
Kellner 25 mm	Pollux	f 38,–

Daarnaast zijn de Polarex oculairen en diverse andere POLLUX oculairen volop uit voorraad leverbaar.

ZOEKERS POLAREX

Z 1 4 × 19 mm met bevestigingsbeugels	f 71,–
Z 2 6 × 23 mm met bevestigingsbeugels	f 99,–
Z 3 8 × 30 mm met bevestigingsbeugels	f 120,–
Z 4 10 × 40 mm met bevestigingsbeugels	f 154,–
Z 5 12 × 60 mm met bevestigingsbeugels	f 410,–

Objektieven inklusief vatting POLAREX

AO 2,0 opening 50 mm F/ 700 mm	f 85,–
AO 2,4 opening 60 mm F/ 900 mm	f 126,–
AO 3,0 opening 75 mm F/1200 mm	f 310,–
AO 4,0 opening 100 mm F/1500 mm	f 620,–

FOCUSEERINRICHTINGEN (voor lenzenkijkers)

F1 voor 50 mm modellen past in buis van 56 mm inwendig	f 45,–
F2 voor 60 mm modellen past in buis van 65½ mm inwendig	f 70,–
F3 voor 75 mm modellen past in buis van 78½ mm inwendig	f 86,–
F4 voor 100 mm modellen past in buis van 102 mm inwendig	f 140,–

Parallactische monteringen (POLAREX)

128 voor een 60 mm lenzenkijker	f 630,–
131 voor een 75 mm lenzenkijker	f 1.100,–
132 voor een 100 mm lenzenkijker	f 1.740,–

Ook diverse lichtere monteringen uit voorraad leverbaar.

KOMPLETE TELESCOPEN

50 mm, 60 mm, 65 mm, 75 mm, 76 mm, 80 mm, 100 mm, zowel azimuthaal als parallactisch direct uit voorraad in diverse prijsklassen leverbaar.

CELESTRON TELESCOPEN

Celestron C 90, C 5, C 8 en binnenkort ook de Celestron C 11 zijn altijd uit voorraad leverbaar evenals de telephotolenzen en panoramakijkers van Celestron.
Ook in voorraad de meest voorkomende onderdelen zoals oculairfilters, drop in filters, oculairen, oscillator, fotoaanpassingen e.d.

POLARIS WETENSCHAPPELIJKE INSTRUMENTEN.

Officieel importeur van:

CELESTRON	telescopen en onderdelen
POLAREX	telescopen en onderdelen
POLLUX	telescopen, verrekijkers en onderdelen
KYOWA	mikroskopen en onderdelen.

Verder vertegenwoordigen wij o.a. Sky publishing coöperation en zijn de meest voorkomende atlassen en boeken uit voorraad leverbaar.

Laat U eens vrijblijvend voorlichten door het aanvragen van onze gratis documentatie of bezoekt U eens onze showrooms die iedere werkdag geopend zijn van 9 tot 5 uur en op zaterdag van 10.00 tot 13.00 uur.

POLARIS WETENSCHAPPELIJKE INSTRUMENTEN
Bovenkerkerkade 62, Amstelveen Zuid.
Tel. 020-416026 na 20.00 uur 020-471653

Voor België:
JOH. DIRICKX
Nederkouter 73 Gent.
tel. 0.91.257878